

ROČNÍK III/1999
ČÍSLO 4

Stavebnice a konstrukce A Radio
Vydavatel: AMARO spol. s r. o.
Redakce:
šéfredaktor: Alan Kraus
zástupce šéfred.: Jiří Mraček
sazba a grafické zpracování : AK DESIGN
Redakce: Na Beránce 2, 160 00 Praha 6
tel.: (02) 360 351/l. 319
Ročně vychází 6 čísel. Cena výtisku 30 Kč.
Roční předplatné 156 Kč.
Rozšiřuje PNS a. s., Transpress spol s r. o.
Mediaprint & Kapa a soukromí distributoři.
Objednávky a předplatné v České republice
zajišťuje Amaro spol. s r. o. - Michaela
Jiráčková, Hana Merglová
(Radlická 2, 150 00 Praha 5
tel.: (02) 57 31 73 12, 57 31 73 13) , PNS.

Distribúciu, predplatné a inzerciu pre
Slovenskú republiku zabezpečuje:
Magnet-Press Slovakia s.r.o., P.O.Box 169,
830 00 BRATISLAVA
tel./fax: 07/44 45 45 59 - predplatné
tel./fax: 07/44 45 46 28 - administratíva
tel./fax: 07/44 45 06 93 - inzercia
Sídlo firmy: Teslova 12, 821 02 Bratislava

Podávání novinových zásilek povoleno
Českou poštou - ředitelstvím OZ Praha
(č.j. nov 6280/97 ze dne 22.8.1997).
Inzerci v ČR přijímá Amaro s. r. o.
Radlická 2, 150 00 Praha 5
tel.: (02) 57 31 73 11

MKČR 7792

Obsah

A99180

Universální napájecí zdroj

Napájecí zdroje patří k nejžádanějším konstrukcím, o které je mezi amatéry stále zájem. Uvedená konstrukce se vyznačuje jednoduchostí díky obvodovému řešení pouze z diskrétních součástek a možností jednoduše upravit parametry zdroje podle požadovaného použití.

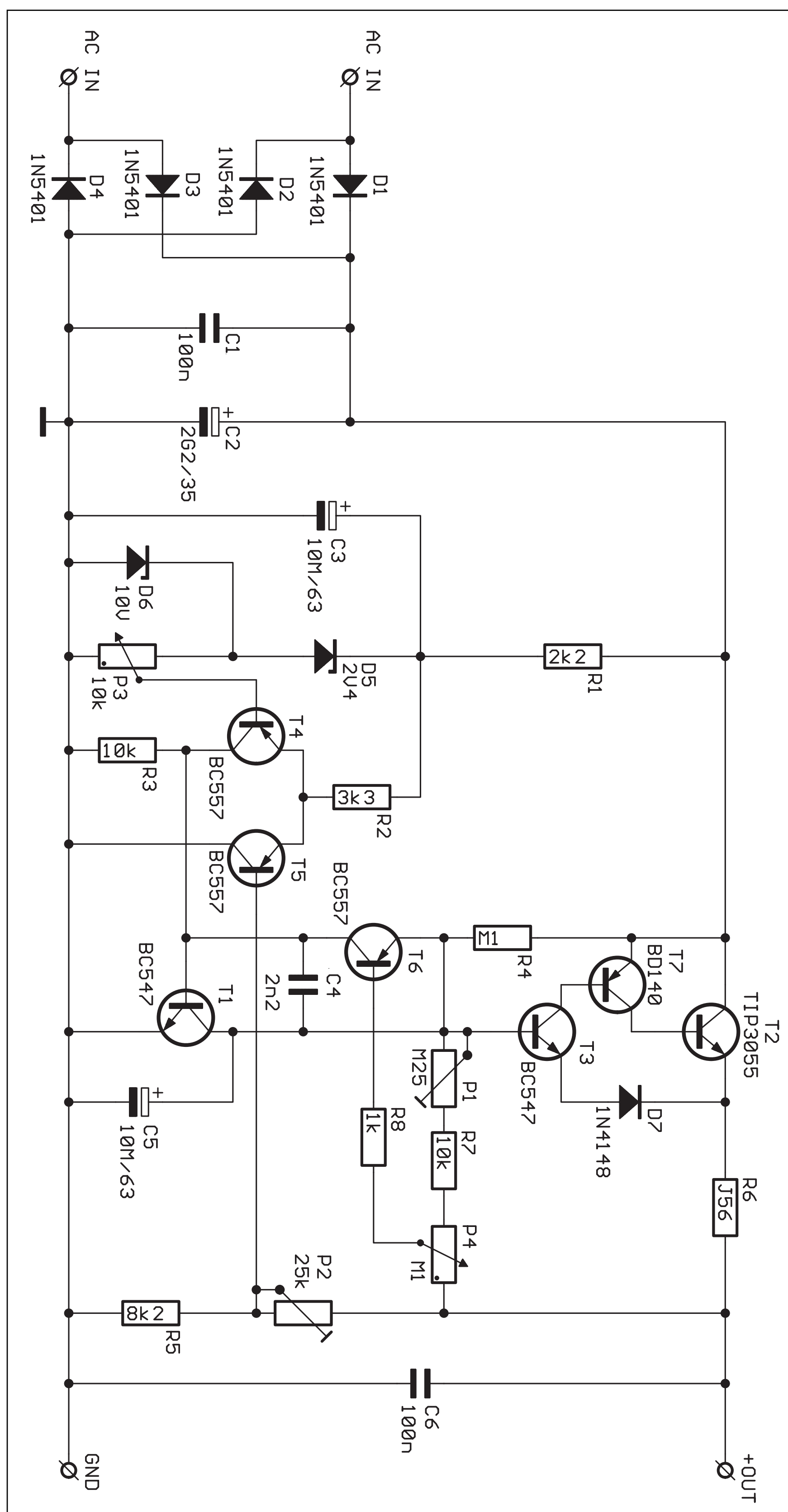
Popis zapojení

Schéma napájecího zdroje je na obr. 1. Podle použitých součástek a síťového transformátoru mohou být mezní parametry uvedeného zdroje:
maximální výstupní napětí:10 až 40 V
maximální výstupní proud:0,5 až 2,5 A

Podle požadovaných parametrů musíme dimenzovat i některé součástky (síťový transformátor, výkonový tranzistor a chladič apod.).

Výkonový regulátor je osazen tranzistorem T2, který je buzen dvojicí tranzistorů T7 a T3. Celek pracuje jako emitorový sledovač s velkým proudovým zesílením a malým napětím BE. Tranzistory T4 a T5 tvoří diferenciální zesilovač, který porovnává napětí z běžce potenciometru P3 (požadovaná velikost výstupního napětí) se vzorkem výstupního napětí z děliče P2/R5, které je přímo úměrné skutečnému napětí na výstupu zdroje. Rozdílové napětí, snímané na odporu R3, budí tranzistor T1, v jehož kolektoru je již popsaný emitorový sledovač s T3, T7 a T2.

Potenciometrem P4 nastavujeme proudové omezení. Napětí na snímacím odporu R6 je přímo úměrné protékajícímu proudu. I při minimálním výstupním proudu je mezi bází tranzistoru T3 a kladnou výstupní svorkou napětí přibližně 1,3 V (napětí UBE T3 a napětí na diodě D7. Toto napětí je současně i na odporovém děliči P1, R7 a P4. Napětí z běžce potenciometru P4 je přivedeno na bázi tranzistoru T6. Pokud začne protékat odporem R6 proud do zátěže, vznikne na něm úbytek napětí, úměrný protékajícímu proudu. Tím se zvýší napětí na děliči P1, R7 a R4. Při určité velikosti tohoto napětí se začne otevírat



Obr. 1. Schéma zapojení universálního zdroje

tranzistor T6 a současně s ním i tranzistor T1. Výstupní napětí zdroje klesá a snižuje se výstupní proud. Proud, při kterém dochází k omezení, se nastavuje právě potenciometrem P4. Zenerova dioda D6 tvoří zdroj +10 V pro referenční napětí na potenciometru P1, D5 s odporem R2 vytváří zdroj proudu pro diferenciální zesilovač.

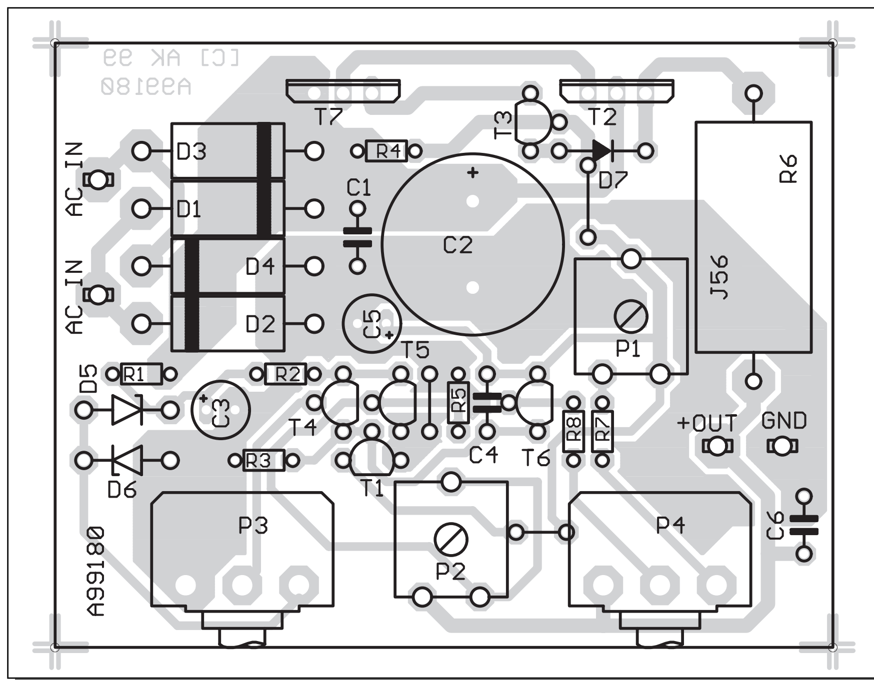
Rozsah nastavení výstupního napětí a proudu můžeme ovlivnit trimry P2 a P1.

Stavba

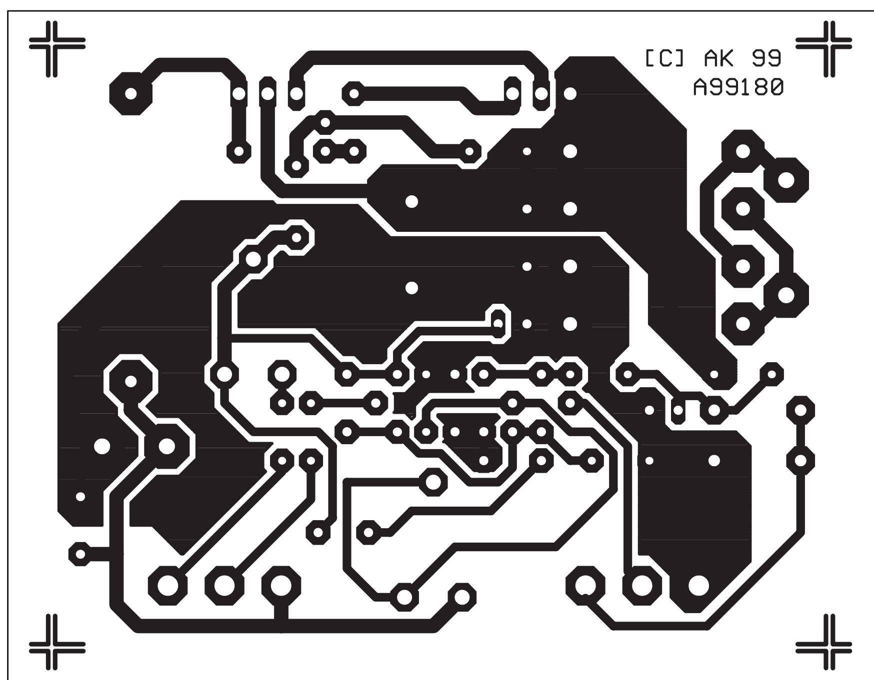
Elektronika zdroje je zhotovena na jednostranné desce s plošnými spoji o rozměrech 70 x 53 mm. Rozložení součástek na desce s plošnými spoji je na obr. 2, obrazec desky spojů na obr. 3. Všechny součástky s výjimkou síťového transformátoru jsou umístěny na desce s plošnými spoji. Stava zdroje je velmi jednoduchá. Po osazení a zapájení součástek desku pečlivě prohlédneme a odstraníme případné závady. Připojíme napájecí napětí a zkontrolujeme rozsah regulace výstupního napětí. Maximum nastavíme trimrem P2.

Potenciometr P4 nastavíme na minimální výstupní proud (běžec

Dokončení na str. 19



Obr. 2. Rozložení součástek na desce s plošnými spoji



Obr. 3. Obrazec desky spojů universálního zdroje

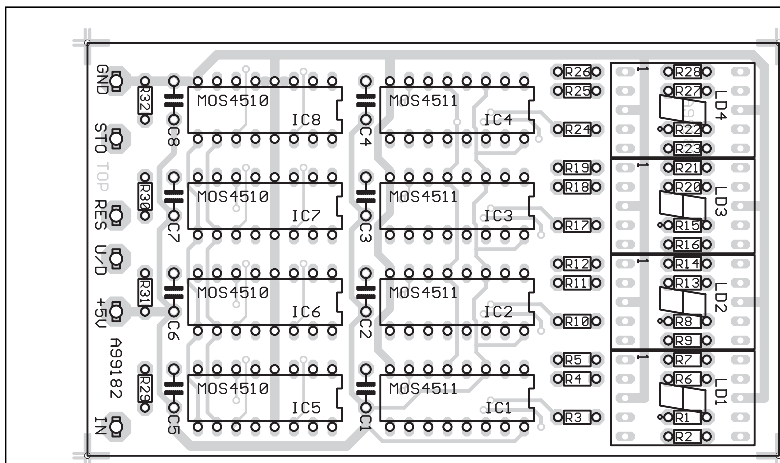
Seznam součástek

odpory 0204	
R3	10 kΩ
R7	10 kΩ
R8	1 kΩ
R1	2,2 kΩ
R2	3,3 kΩ
R5	8,2 kΩ
R4	100 kΩ
odpor 5W	
R6	0,56 Ω/5W
C1	100 nF
C6	100 nF
C3	10 μF/63 V
C5	10 μF/63 V
C2	2.2 mF/35 V
C4	2,2 nF
D1	1N5401
D2	1N5401
D3	1N5401
D4	1N5401
D5	ZD 2V4
D6	ZD 10V
D7	1N4148
T1	BC547
T2	TIP3055
T3	BC547
T4	BC557
T5	BC557
T6	BC557
T7	BD140
P1	250 kΩ-PT10L
P2	25 kΩ-PT10L
P3	10 kΩ-TP160
P4	100 kΩ-TP160

A99182

Modulový čtyřmístný čítač

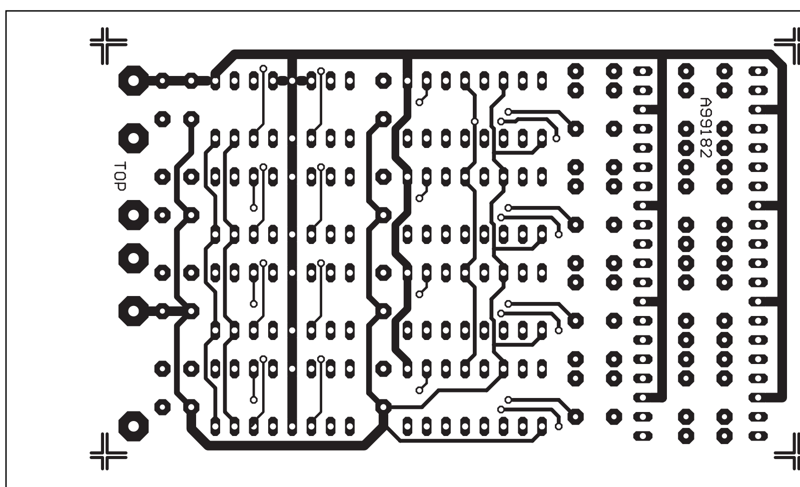
Kdosi v nedávné době pravil, že čítačů není nikdy dost. Uvedený modul může sloužit jako základ dalších konstrukcí nebo k prvním experimentům s číslicovou technikou. Umožňuje čítáni pulsů vpřed a vzad (nahoru/dolu), případně s dalšími obvody časové základny vytvoření skutečného čítače (měřiče kmitočtu). I když bylo v poslední době uveřejněno více návodů na stavbu čítače (včetně zapojení s mikroprocesory), výhodou popsaného zapojení je universálnost a nízká cena, protože obsahuje pouze 4 sedmisegmentové zobrazovače LED a 8 CMOS obvodů, jejichž maloobchodní cena se pohybuje okolo 13 Kč za kus.



Obr. 2. Rozložení součástek

Popis zapojení

Schéma zapojení čítače je na obr. 1. Vstupní signál je přiveden na čtveřici dekadických čítačů MOS4510. Obvod umožňuje čítání vpřed/vzad přepnutím úrovně na vstupu U/D (vývod 10). V případě potřeby můžeme obsah čítače vynulovat signálem RES, který je přiveden na nulovací vstup MR obvodu MOS4510 (vývod 9). Čítače jsou řazeny kaskádně za sebou, takže výstup první dekády je přiveden na vstup druhé atd. Výstup každé dekády v BCD kódu je přiveden na vstupy dekodéru a budiče MOS4511. Tento obvod je schopen přímo budit sedmisegmentové displeje LED v provedení se společnou katodou. Každý výstup budiče je ošetřen odporem 330 Ω.

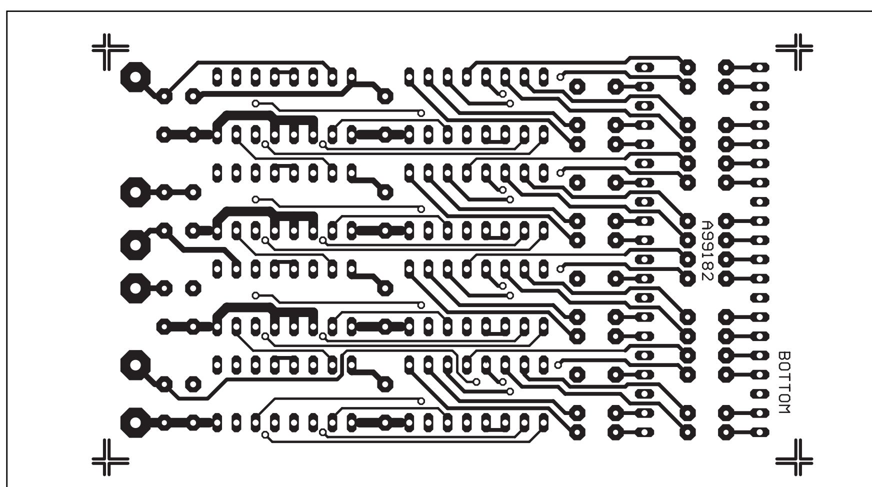


Obr. 3. strana TOP

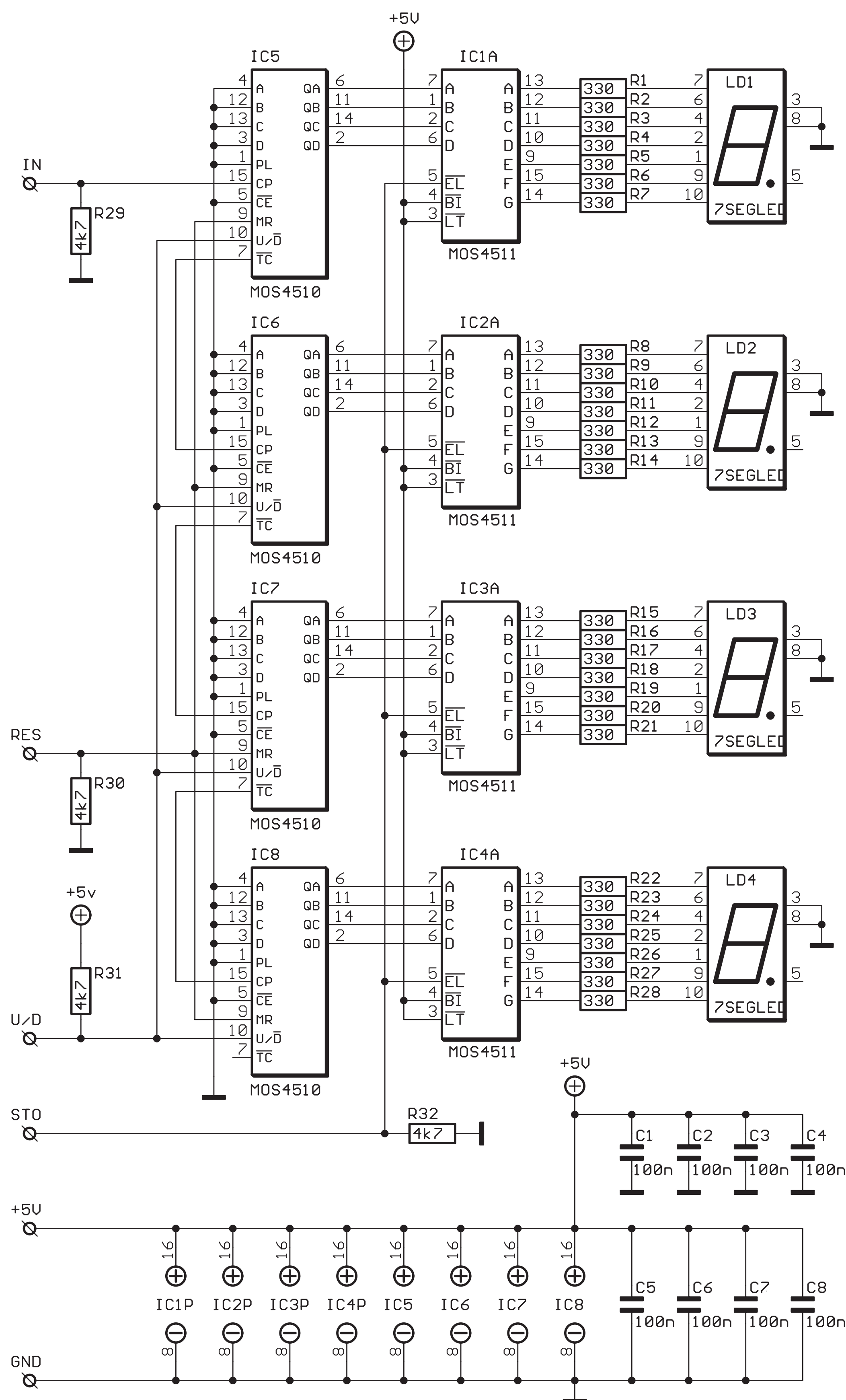
Čítač je napájen napětím 5 V, odběr je dán použitým typem displeje LED. Čítač můžeme osadit i nízkopříkonovými displeji LED, v tom případě zvýšíme hodnotu odporů R1 až R28 na 1 až 1,5 kΩ.

Stavba

Čítač je zhotoven na dvoustranné desce s plošnými spoji o rozměrech 91 x 55 mm. To umožnilo výrazně zmenšit vnější rozměry celého modulu. Z důvodů úspory místa jsou



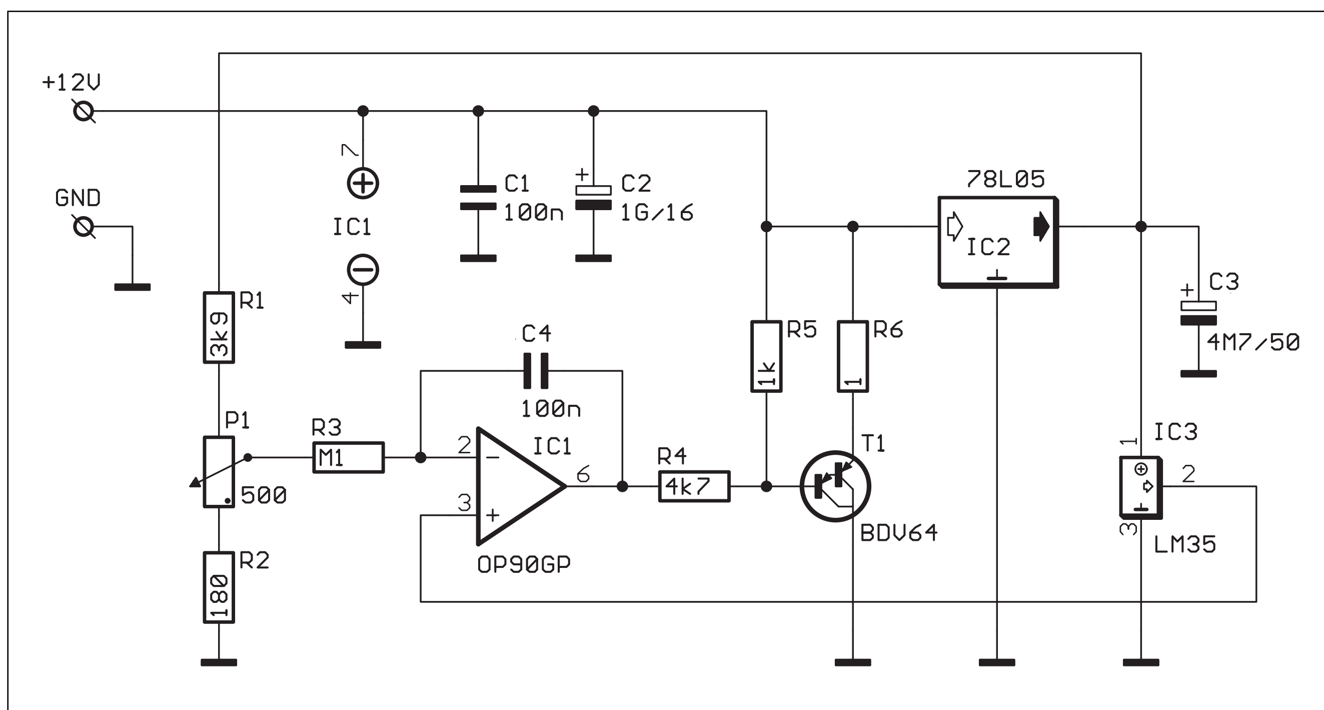
Obr. 4. Strana BOTTOM



Obr. 1. Schéma zapojení čtyřmístného čítače

A99197

Teplotní normál



Obr. 1. Schéma zapojení

Změřit teplotu nějakého předmětu v rozsahu běžných teplot s dostatečnou přesností již není nic složitého. Mimo speciálních elektronických teploměrů jsou teplotní sondy součástí mnoha multimetrů. Větší problém ovšem nastává, když potřebujeme vytvořit tepelný zdroj s přesně nastavitelnou vnější teplotou. Uvedené zapojení tento problém řeší velmi elegantně s použitím tepelného senzoru LM35. Tento obvod byl již na stránkách SaK popsán. Jeho výhodou je vynikající linearita a dále to, že nevyžaduje žádné nastavování nebo kalibraci, protože ta je provedena již při výrobě. Obvod je napájen napětím +5 V a na jeho výstupu je stejnosměrné napětí přímo úměrné teplotě pouzdra. Přitom platí vztah, že výstupní napětí je 10 mV pro každý °C nad nulou.

Popis zapojení

Schéma zapojení normálu je na obr.1. Obvod je napájen stejnoměrným napětím +12 V. Pro LM35 je napětí sníženo monolitickým stabilizátorem 78L05 na +5 V. Toto napětí je současně přivedeno na potenciometr P1. Odpory R1 a R2 vymezují horní a dolní mez nastavení teploty. Na dolním konci potenciometru P1 je napětí asi 200 mV, na

---

některé ochranné odpory displeje umístěny pod zobrazovači. Můžeme proto buď pro displeje použít dvě dvacetipinové jednořadé kontaktní lišty nebo odpory zapájet z druhé strany desky (u dvoustranného spoje je to zcela jedno). Po osazení a zapájení součástek desku pečlivě prohlédneme a odstraníme případné závady. Při pečlivé práci musí čítač pracovat na první zapojení. Rozložení součástek na desce s plošnými spoji je na obr. 2. Obrazec strany spojů desky (TOP) je na obr. 3, obrazec strany spojů (BOTTOM) na obr. 4.

Závěr

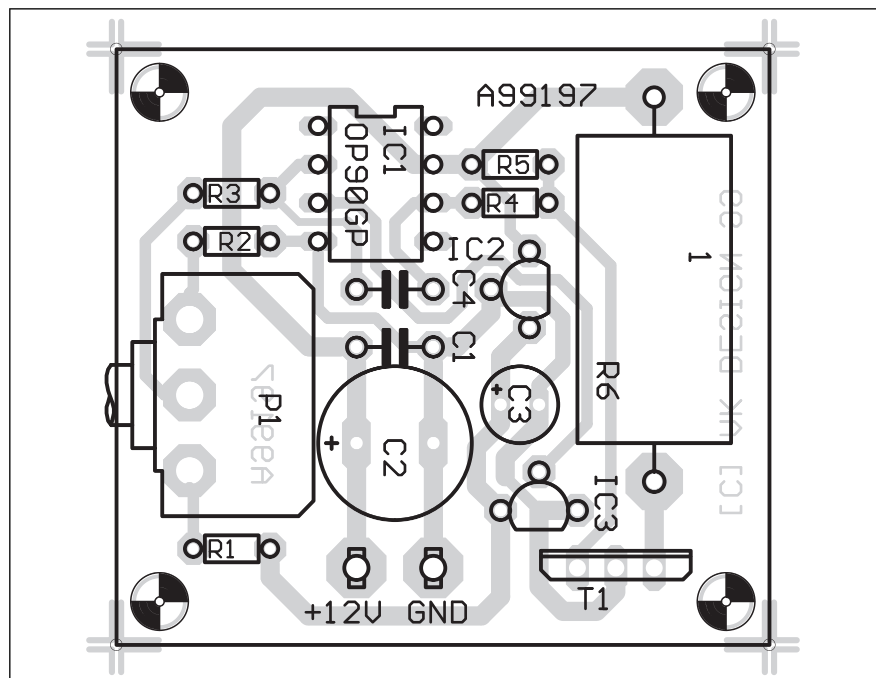
Přesto, že je čítač zhotoven "klasickou technologií", může být zajímavý svou jednoduchostí a universálností. Na existenci modulů voltmetrů, osazených obvody ICL7106/7 jsme si již zvykli, ale takto řešený modul čítače zase příliš běžný není. Proti řešení s procesory, kde jsou segmenty buzeny většinou v multiplexním režimu, je výhodou klidný svit staticky spínaných zobrazovačů.

Literatura

ELECTRONIC AKTUEL Magazin, 3/99, str. 58

Seznam součástek

R1 až R28	330 Ω
R29 až R32	4,7 kΩ
C1 až C8	100 nF
IC1 až IC4	MOS4511
IC5 až IC8	MOS4510
LD1 až LD4	7SEGLED



Obr. 2. Rozložení součástek

horním asi 740 mV. Napětí z běžce potenciometru P1 je přivedeno na invertující vstup operačního zesilovače OP90 (IC1). Zde se porovnává s výstupním napětím ze senzoru LM35. Protože víme, že výstupní napětí LM35 je 10 mV pro každý °C nad nulou, můžeme potenciometrem P1 nastavit teplotu LM35 v rozmezí 20 °C až 74 °C. Obvod LM35 je ohříván tranzistorem T1, se kterým je umístěn na společném chladiči. Pokud teplota tranzistoru (a tím i LM35) poklesne, poklesne i výstupní napětí operačního zesilovače, T1 se více otevře a zvýší se jeho kolektorová ztráta a tím i teplota. Hodnotami odporového děliče v bázi tranzistoru T1 a jeho emitorovým odporem R6 je zaručen maximální proud tranzistorem asi 0,5 A tím i maximální ztrátový výkon na tranzistoru asi 6 W (platí při napájecím napětí 12 V).

Stavba

Normál je zhotoven na jednostranné desce s plošnými spoji o rozměrech 43 x 40 mm. Rozložení součástek na desce s plošnými spoji je na obr. 2, obrazec desky spojů na obr. 3. Výkonový tranzistor a senzor LM35 jsou umístěny proti sobě tak, aby mezi ně bylo možno vsunout hliníkový profil o síle asi 3 mm. Toto chladicí křidélko je také místem kontrolního měření. Nesmíme zapomenout, že se vzrůstající vzdáleností od zdroje tepla (koncového tranzistoru) se může teplota chladiče vlivem ochlazování výrazně snižovat. Měření bychom proto měli provádět co nejblíže senzoru. Stupnici potenciometru P1 velmi snadno zkalibrujeme pomocí stejnosměrného milivoltmetru (stačí běžný multimetr).

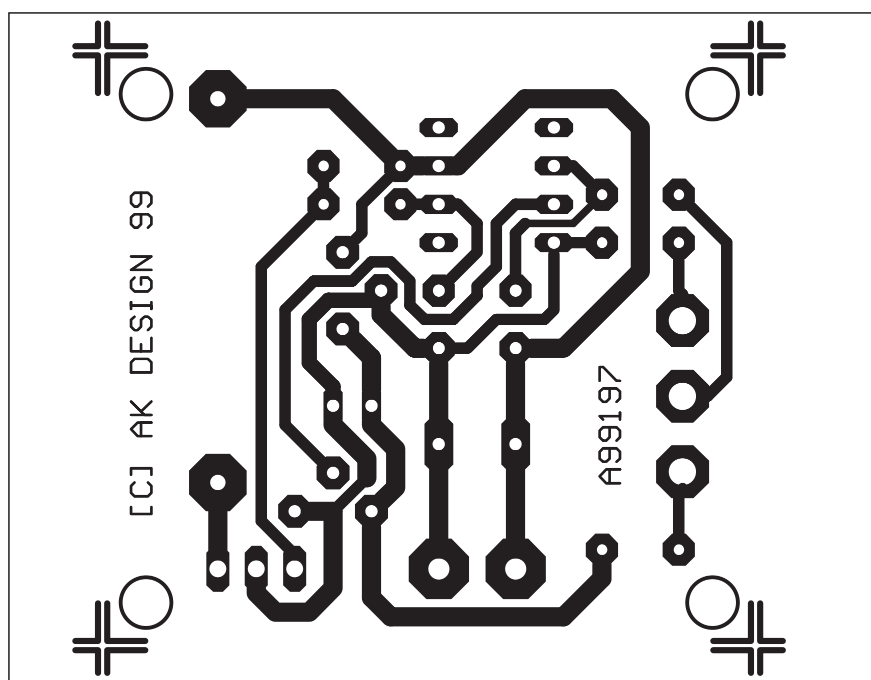
Například pro 50 °C nastavíme na běžci potenciometru napětí 50 x 10 mV = 500 mV. Můžeme též vyvést běžec na externí zdířku a při nastavování připojit multimetr. Nastavenou teplotu pak odečítáme přímo na stupnici multimetru.

Závěr

Popsaný kalibrátor je další zajímavou ukázkou využití špičkového teplotního senzoru LM35.

Seznam součástek

odpory0204	
R1	3,9 kΩ
R2	180 Ω
R3	100 kΩ
R4	4,7 kΩ
R5	1 kΩ
odpor 5W	
R6	1 Ω
C1	100 nF
C2	1 mF/16 V
C3	4,7 μF/50 V
C4	100 nF
IC1	OP90GP
IC2	78L05
IC3	LM35
P1	500 -TP160
T1	BDV64



Obr. 3. Obrazec desky spojů

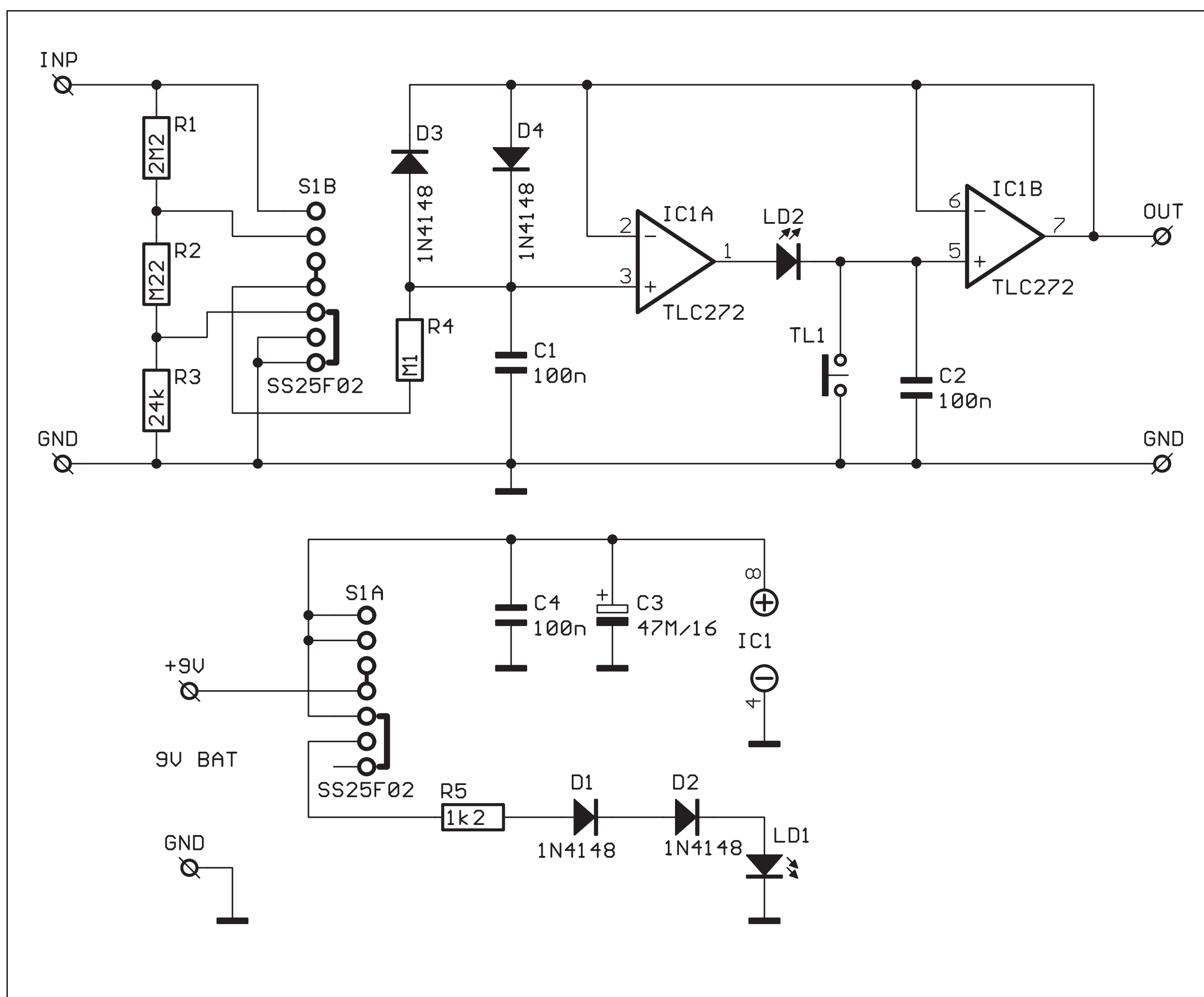
A99198

Hold adaptér pro klasický voltmetr

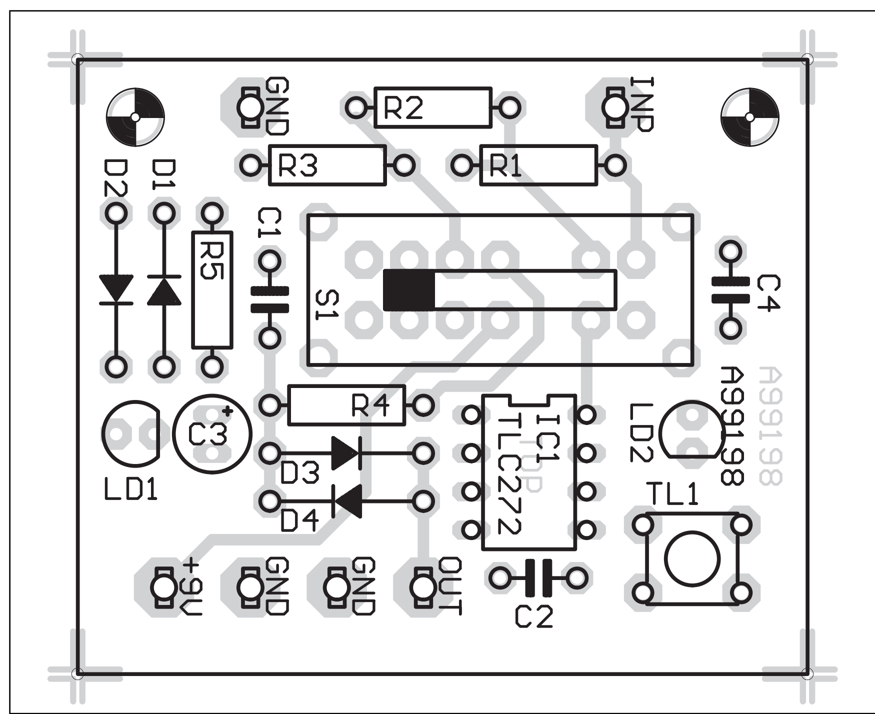
Mnoho současných multimetrů vyšší cenové kategorie je vybaveno pamětí změřené hodnoty (tzv. funkce HOLD). Ve většině případů je do paměti mikroprocesoru přístroje uložena hodnota již v digitální formě. Pro majitele starších nebo jednodušších multimetrů (případně klasických ručkových přístrojů) byl navržen obvod s podobnou funkcí, ale řešen analogově a z diskrétních součástek. Toto řešení je cenově výhodnější než použití speciálních obvodů.

Popis zapojení

Schéma zapojení je na obr. 1. Adaptér se skládá ze vstupního děliče, který je navržen pro vstupní napětí 2 V, 20 V a 200 V. Rozsahy se přepínají 1/2 posuvného pětipolohového přepínače S1B. Diody D3 a D4 slouží jako ochrana proti přepětí na vstupu. Odpor R4 a kondenzátor C1 tvoří dolní propust, která chrání vstup operačního zesilovače proti rušivým signálům. Na jeho výstupu je zapojena LED LD2. Zde je využito zajímavé vlastnosti LED, kdy pokud se dioda zastíní (například namočením v černé barvě), sníží se její zpětný proud řádově asi 1000x z několika nA na několik pA. To je výrazně méně než mají běžné křemíkové diody. Kondenzátor C2 je paměťový kondenzátor. Na této pozici by měl být použit typ MKT na napětí 100 V (z důvodů menších svodových proudů). Tlačítko TL1 složí k vynulování (vybití) paměťového kondenzátoru C2. Při měření je nutné tlačítko podržet asi 1 s. Na výstup druhé poloviny



Obr. 1. Schéma zapojení



Obr. 2. Rozložení součástek

operačního zesilovače se připojuje voltmetr, přepnutý na rozsah 2 V.

Adaptér můžeme napájet napětím od 5 V do 9 V. Spotřeba je minimální (asi 1 mA). Druhá polovina přepínače S1 složí jako vypínač napájení (poloha 1) a tester baterie (poloha 2). Pokud se v této poloze nerozsvítí LED LD1 nebo svítí již slabě, je potřeba baterii vyměnit.

Stavba

Adaptér je zhotoven na dvoustranné desce s plošnými spoji o rozměrech 48 x 40 mm. Rozložení součástek na desce s plošnými spoji je na obr. 2. Obrazec strany spojů desky (TOP) je na obr. 3, obrazec strany spojů (BOTTOM) na obr. 4. Všechny součástky včetně přepínače s výjimkou baterie jsou na desce spojů. Po osazení a zapájení součástek desku pečlivě prohlédneme a odstraníme případné závady. Protože na desce nejsou žádné nastavovací prvky, při pečlivé práci musí adaptér fungovat na první zapojení. Doba, po kterou zůstane informace uchována, záleží na použitých součástkách, čistotě desky (svodové odpory) apod. V původním pramenu se uvádí, že po 30 minutách kleslo napětí z 1,000 V na 0,990 V, tedy o 1 %. Protože v tomto případě není účelem uchovat změřenou informaci na delší dobu, ale například na několik minut, než bude možné údaj zaznamenat, je udávaná přesnost a časová stabilita více než dostačující.

Závěr

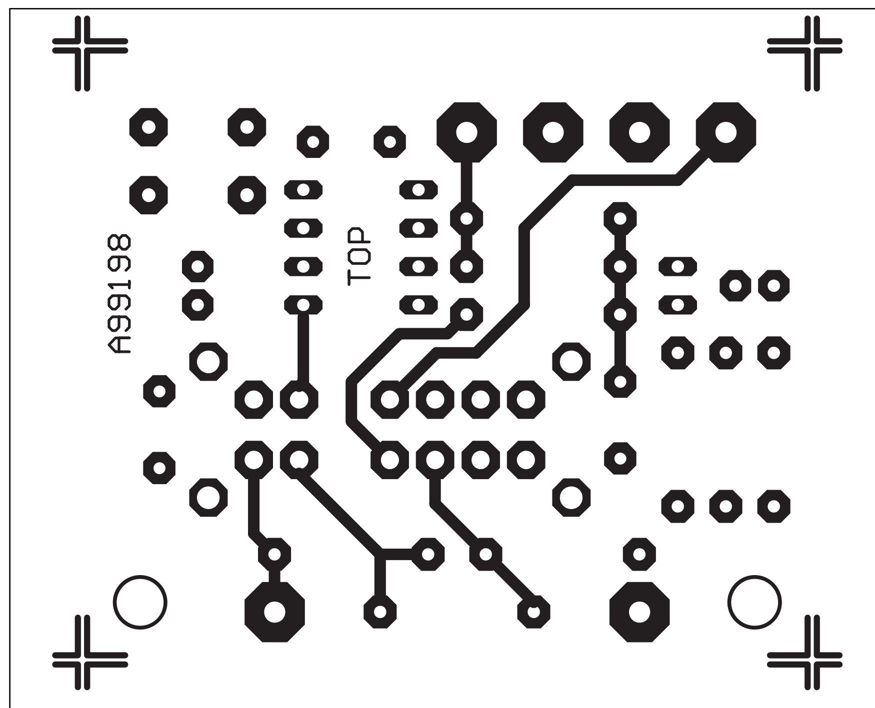
Popsané zapojení jednoduchým způsobem rozšiřuje možnosti starších a jednodušších multimetrů a ručkových přístrojů. Vzhledem k jednoduchosti přípravku a nízké ceně si ho může pořídit každý, kdo ve své práci funkci HOLD využívá.

Dokončení na str. 10

Literatura
Elektor 7-8/99, str. 35

Seznam součástek

odpory 0207	
R1	2,2 MΩ
R2	220 kΩ
R3	24 kΩ
R4	100 kΩ
R5	1,2 kΩ
C1	100 nF
C2	100 nF
C3	47 μF/16
C4	100 nF
D1	1N4148
D2	1N4148
D3	1N4148
D4	1N4148
IC1	TLC272
LD1	LED5MM
LD2	LED5MM
S1	SS25F02
TL1	TS-06



Obr. 3. Strana TOP desky spojů

A99202

Impulsní generátor s nastavitelnou střídou

Pro některá měření může být výhodné, máme-li možnost nastavit u generovaného signálu proměnnou a přesně definovanou střídu signálu. Mnoho generátorů má možnost změnit střídu signálu, ale u jednodušších při tom většinou dochází současně i ke změně frekvence. To může být na závadu. Jednoduchý generátor, který umožňuje dekadicky nastavit střídu při zachování konstantního kmitočtu, je popsán v následující konstrukci.

Popis zapojení

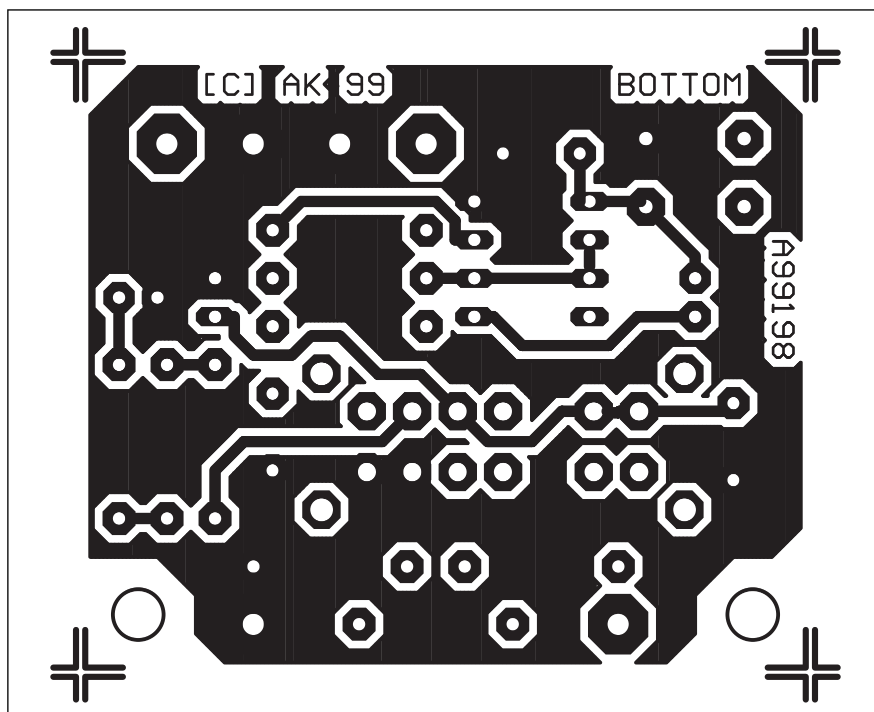
Schéma zapojení je na obr. 1. Oscilátor je tvořen 1/4 integrovaného obvodu MOS4093 (IC1A). Přepínač S1A přepíná tři základní rozsahy:

I. 0,1 Hz až 10 Hz
II. 10 Hz až 1 kHz
III. 1 kHz až 100 kHz

Plynule se frekvence nastavuje potenciometry P1 a P2. P1 přitom slouží k hrubému nastavení frekvence a P2 pro jemné. Výstup oscilátoru je přiveden na vstup dekadického čítače MOS4017. Při každém kroku se jeden výstup čítače nastaví na úroveň HI, ostatní jsou na nule. K výstupům čítače jsou přes diody D1 až D9 připojeny DIP spínače S2 a S3. Ty umožňují propojit jednotlivé výstupy čítačů na společné vedení. Pokud nyní zapneme jednotlivé DIP spínače (za předpokladu, že je zapínáme postupně od jedničky), mění se střída výstupního signálu. Pro dobu trvání pulsu 0,1 periody zapneme pouze výstup Q1, pro 0,2 periody Q1 + Q2 atd. Pro trvání pulsu 0,9 periody zapneme spínače 1 až 9. Při sepnutí spínače 10 (připojeného na zem) je výstup generátoru v klidu. Společný bod DIP spínačů je připojen na vstupy hradel IC1B aIC1C. Na výstupu IC1B je dvojice LED (LD2 a LD1), které svým svitem indikují střídu výstupního signálu. Hradlo IC1C tvoří výstupní buffer, přičemž IC1D je zapojeno jako invertor, takže na výstupech IC1C a IC1D dostáváme vzájemně fázově otočené výstupy. Generátor napájíme napětím 9 až 12 V. Spotřeba v klidu je asi 4 mA.

Stavba

Generátor je zhotoven na dvoustranné desce s plošnými spoji o rozměrech 75 x 35 mm. Rozložení součástek na desce s plošnými spoji je na obr. 2. Obrazec strany spojů desky (TOP) je na obr. 3, obrazec strany spojů (BOTTOM) na obr. 4. Všechny součástky včetně posuvného přepínače S1 jsou umístěny na desce s plošnými spoji. Po osazení a zapájení součástek desku pečlivě prohlédneme.



Obr. 4. Strana BOTTOM desky spojů. Měřítko 2 : 1

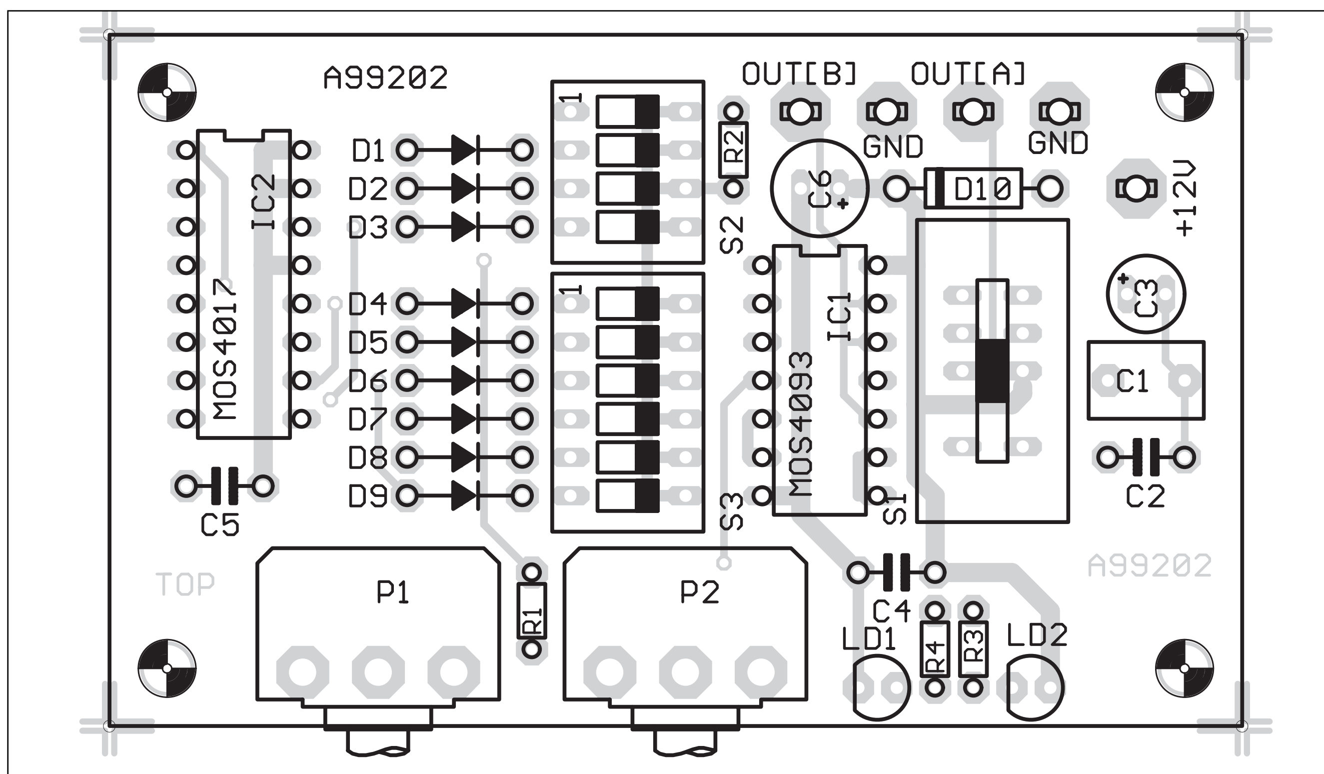
Seznam součástek

odpory 0204

R1	1 kΩ
R2	4,7 kΩ
R3	3,3 kΩ
R4	3,3 kΩ
C1	470 nF
C2	4,7 nF
C3	47 μF/25 V
C4, C5	100 nF
C6	100 μF/25 V
D1 až D9	1N4148
D10	1N4001
IC1	MOS4093
IC2	MOS4017
LD1, LD2	LED 5 MM
P1	100 kΩ -TP160A
P2	10 k Ω-TP160A
S1	SS23E01
S2	DIP4SW
S3	DIP6SW



Obr. 1. Schéma zapojení



Obr. 2. Rozložení součástek

Připojíme napájecí napětí a osciloskopem prohlédneme tvar výstupního signálu pro různé kmitočty a střídy. Stavba generátoru je jednoduchá a při pečlivé práci musí zařízení pracovat na první zapojení.

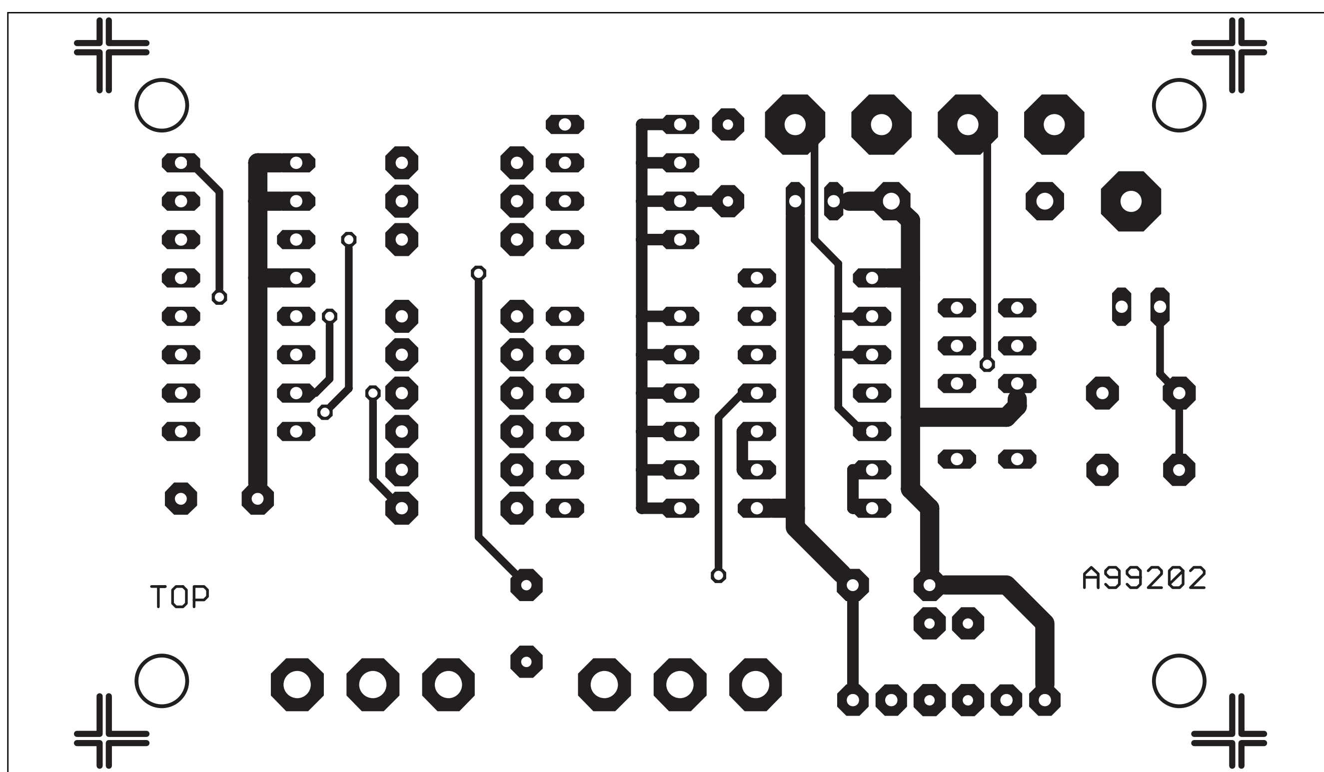
Závěr

Přes svoji jednoduchost nabízí popsaný generátor relativně široký frekvenční rozsah a možnost dekadického nastavení střídy signálu. Zejména pro začínající zájemce o číslicovou techniku je generátor vhodnou zkušební pomůckou.

Literatura

Elektor 7-8/99, str. 74

Obr. 3. Obrazec desky spojů - strana součástek (TOP) M 2 : 1



Napájecí zdroj se snímáním napětí

A99196

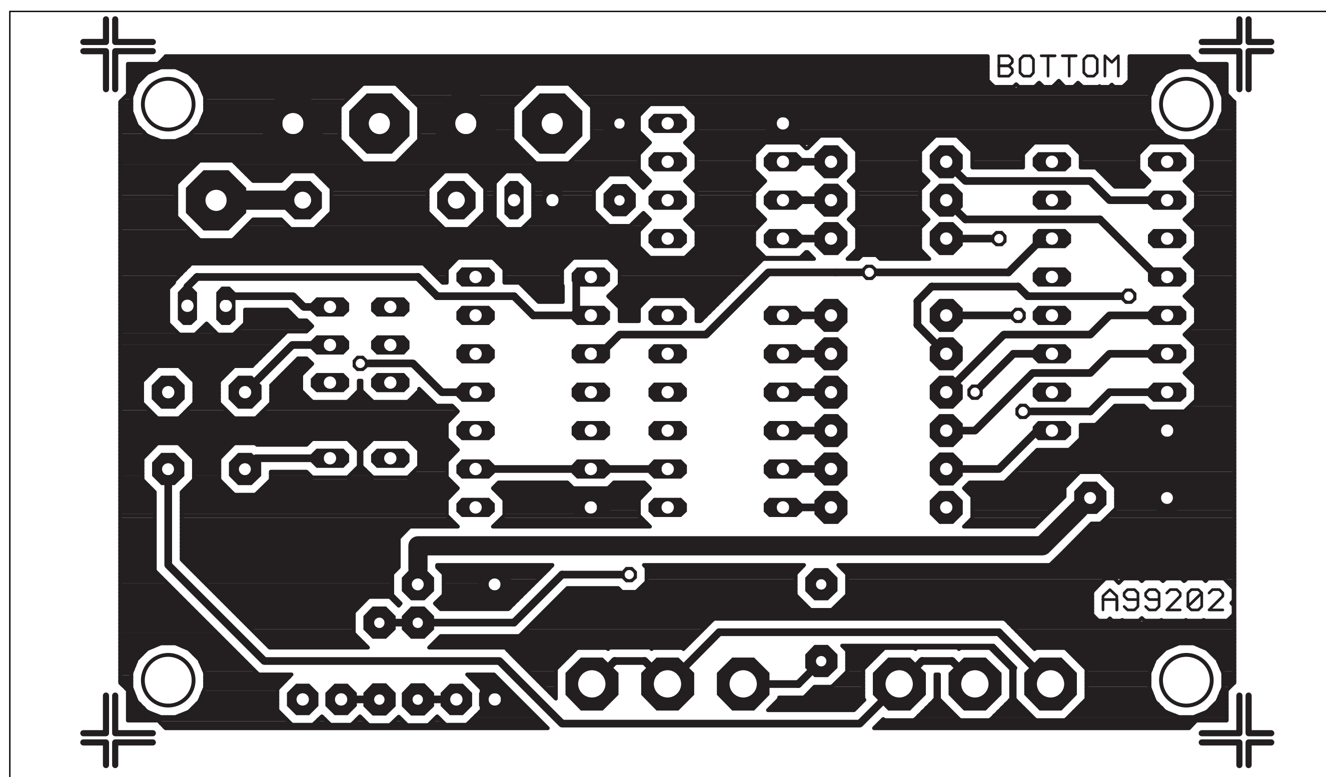
Někdy se může vyskytnout požadavek na konstantní napájecí napětí při větším proudovém odběru a delších přívodních vodičích. Při použití běžného stabilizovaného zdroje není problém udržet výstupní napětí na svorkách zdroje v toleranci několika mV. Zkuste si ale spočítat kolísání napětí na konci dvojlinky dlouhé několik desítek metrů při odběru kolísajícím od 0 do 2 A! Pro takovéto případy je navržen náš stabilizovaný zdroj. Celý vtip spočívá v tom, že výstupní napětí není obvodem snímáno u zdroje, ale až na konci přívodního vedení, tedy u spotřebiče. Jedná se o obdobu čtyřvodičové metody, známé z měření. K připojení zátěže je použit čtyřžilový kabel. Přitom není nutné, aby všechny čtyři žíly byly dimenzovány na jmenovitý proud do zátěže. Hlavní proudová smyčka musí mít dostatečný průřez pro omezení ztrát. Druhý, pomocný pár, snímá pouze okamžitou velikost napětí na zátěži a je zatěžován prakticky minimálním proudem, tudíž na něm dochází také k minimálnímu úbytku napětí.

Popis zapojení

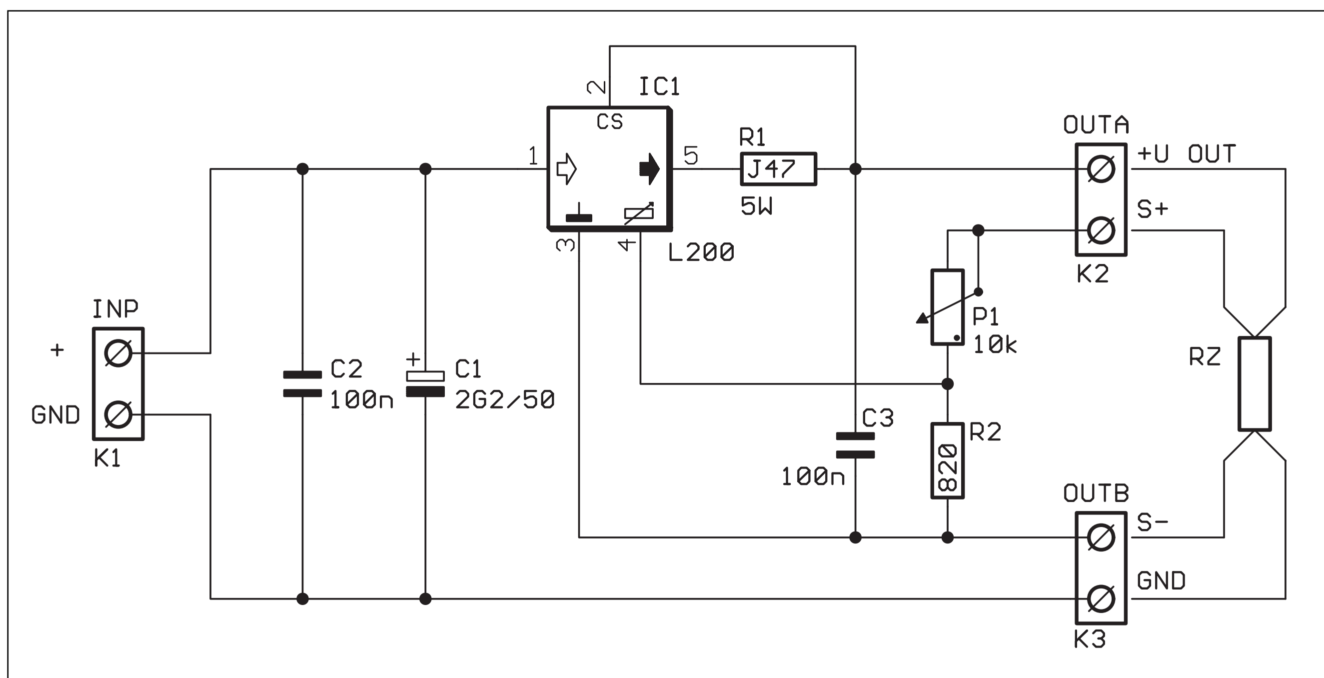
Schéma zapojení zdroje je na obr. 1. Předpokládáme, že transformátor a usměrňovač jsou umístěny mimo desku zdroje. Stejnosměrné napětí ze svorkovnice K1 je filtrováno kondenzátory C1 a C2. K regulaci slouží monoliticky řiditelný stabilizátor L200. Obvod je vybaven vstupem pro vnější nastavení požadovaného výstupního napětí a vstup proudové ochrany. Hlavní napájecí větev vede z plusové vstupní svorky K1 na obvod L200, z jeho výstupu přes snímací odpor R1 a svorku +U OUT na zátěž. Ze zátěže je přes svorku GND (K3) obvod uzavřen na zemnicí zdířku svorkovnice K1. Skutečné napětí na zátěži je druhým párek vodičů přivedeno na svorky S+ a S-. Vodič S- je spojen se zemnicím vývodem obvodu L200. Vzorek výstupního napětí je přiveden na odporový dělič P1/R2. Výstup děliče je spojen s řídicím vstupem obvodu L200. Potenciometrem P1 tedy nastavujeme požadované napětí na zátěži.

Stavba

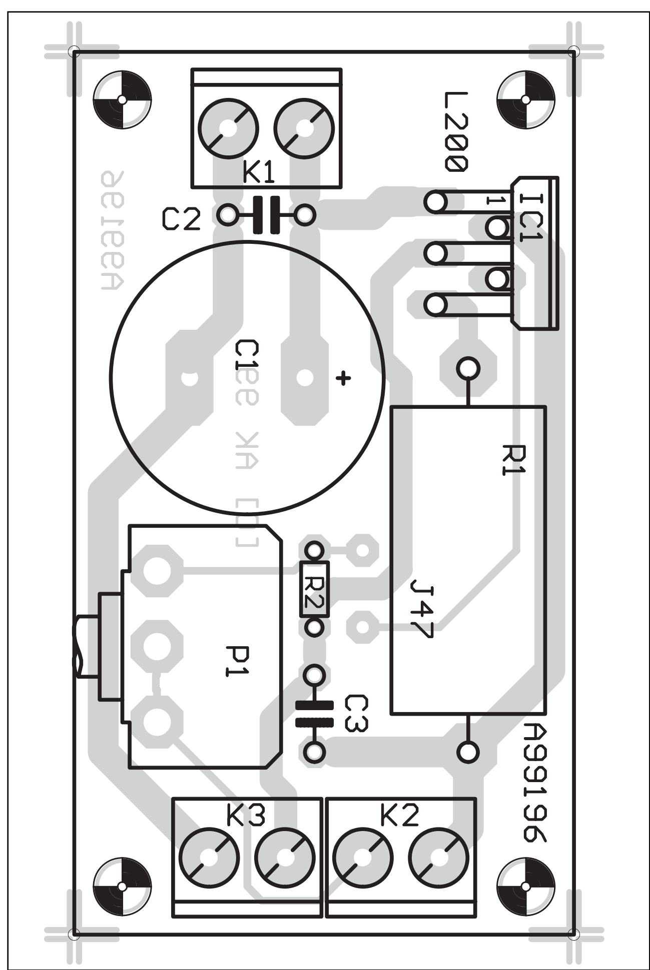
Zdroj je zhotoven na jednostranné desce s plošnými spoji o rozměrech 58 x 33 mm. Rozložení součástek na desce s plošnými spoji je na obr. 2,

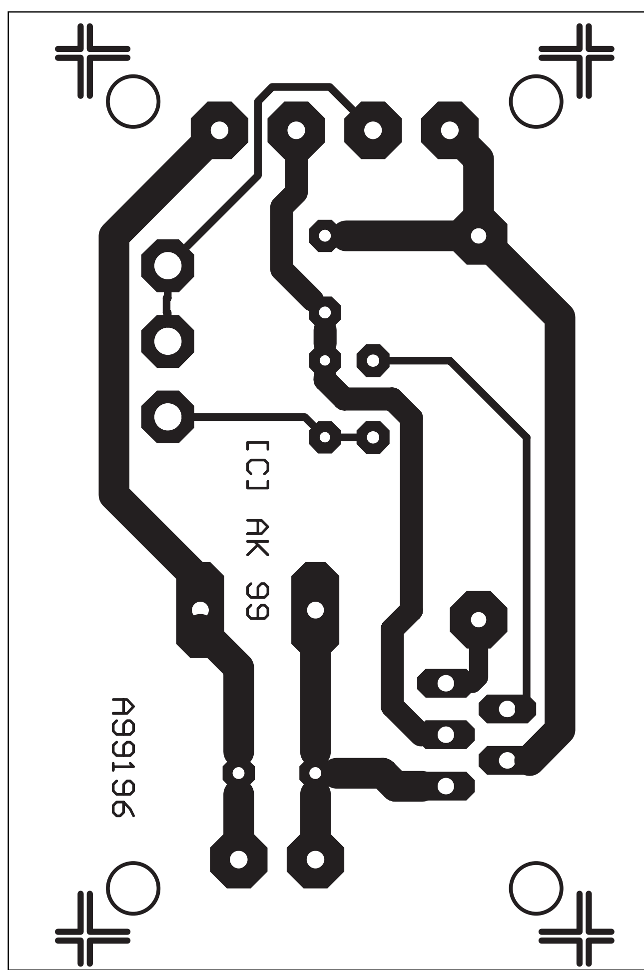


Obr. 4. Obrazec desky spojů - strana spojů (BOTTOM). Měřítko 2 : 1



Obr. 1. Schéma zapojení napájecího zdroje



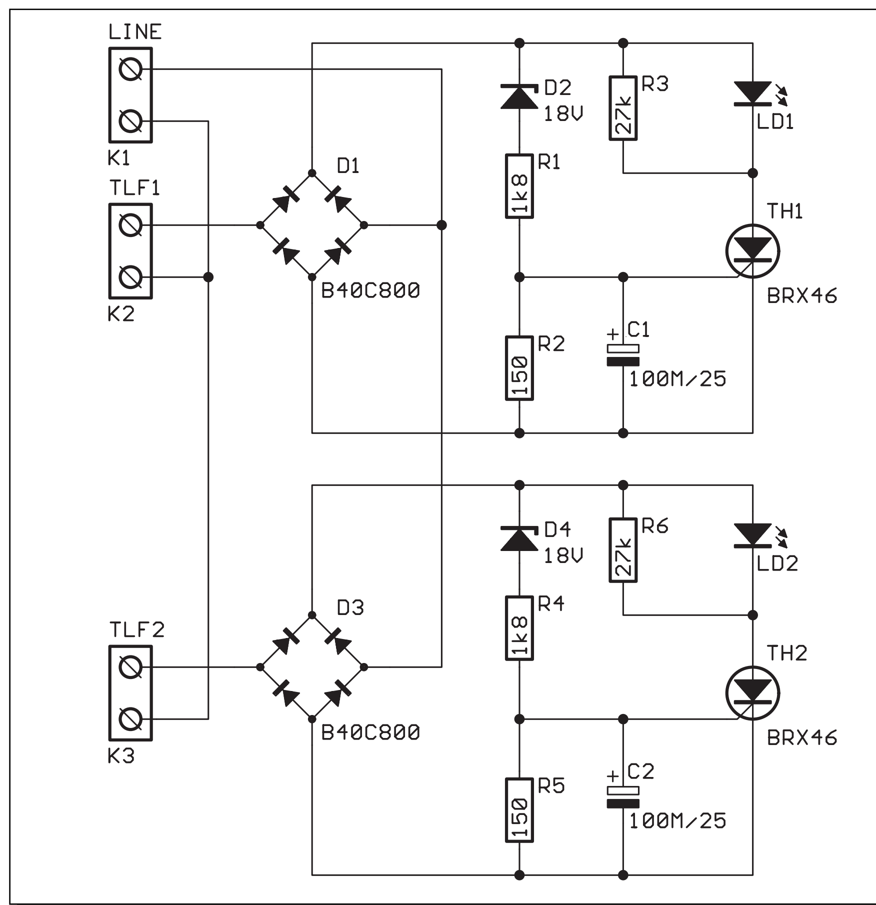


Obr. 2. Rozložení součástek na desce spojů

Obr. 3. Obrazec desky spojů. Měřítko 2 : 1

Dva telefony na jedné lince

A99181



Obr. 1. Schéma zapojení

S rozšiřující se nabídkou telefonních přístrojů se zvyšuje počet účastníků, kteří mají na jednu linku připojeny dva telefony. A není to pouze záležitost majitelů rodinných domků. Pohodlné telefonování z pokoje, ložnice nebo třeba kuchyně je dnes zcela běžné. Pokud pominu bezdrátový telefon, který je přeci jen poněkud dražší, je nejjednodušší paralelní propojení dvou telefonů. To má ale své zápory. Některé přístroje při vytáčení čísla z druhého telefonu vydávají nejrůznější rušivé zvuky, o případném soukromí volajícího nemůže být ani řeči apod. Popisované zařízení řeší tento problém velmi jednoduše.

Popis zapojení

Schéma zapojení rozbočovače je na obr. 1. Zařízení má jednu vstupní svorkovnici K1 pro připojení k telefonní síti a dvě výstupní svorkovnice K2 a K3 pro připojení telefonů. Všechny tři svorkovnice mají jeden vodič společný. V klidovém stavu se pro stejnosměrné napětí v telefonní síti jeví telefon jako vysokoohmová zátěž. Pro stejnosměrné oddělení je do cesty zařazen kondenzátor. V okamžiku, kdy se na lince objeví vyzváněcí tón (střídavé napětí 40 až 50 V), začnou oba připojené telefony vyzvánět. Tyristory TH1 a TH2 jsou stále rozepnuty. Jestliže nyní zvedneme sluchátko u libovolného telefonu, uzavře se v přístroji smyčka a pro vedení se telefonní přístroj stává zařízením s nízkou impedancí. Smyčkou tudíž začne protékat proud. Diodové můstky D1 a D3 zaručují, aby bez ohledu na polaritu připojeného napětí byl vždy na anodě tyristoru kladný potenciál. Protože tyristory jsou stále uzavřeny, musí proud ve smyčce protékat Zenerovou diodou D2

obrazec desky spojů na obr. 3. Stabilizátor L200 je umístěn na okraji desky, aby šel snadno přišroubovat na dostatečně dimenzovaný chladič (jeho velikost záleží na předpokládaném zatížení zdroje, Mezní hodnoty obvodu L200 jsou vstupní napětí 40 V a maximální výstupní proud 2 A). Stavba je velmi jednoduchá, vhodná i pro začátečníka. Po osazení a zapájení součástek desku pečlivě prohlédneme a odstraníme případné závady. Připojíme napájecí napětí a zkontrolujeme výstupní napětí. Pokud je vše v pořádku, je zdroj hotov.

Závěr

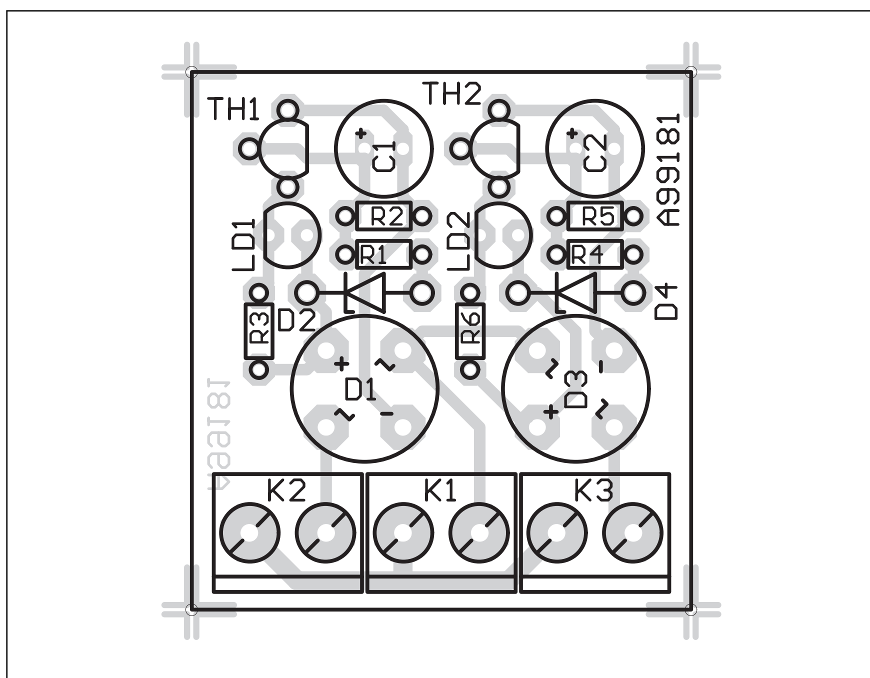
Popsaný zdroj nalezne uplatnění všude tam, kde potřebujeme napájet nějaké zařízení na delší vzdálenost pokud možno konstantním napětím.

Literatura

Elektor 7-8/99, str. 23

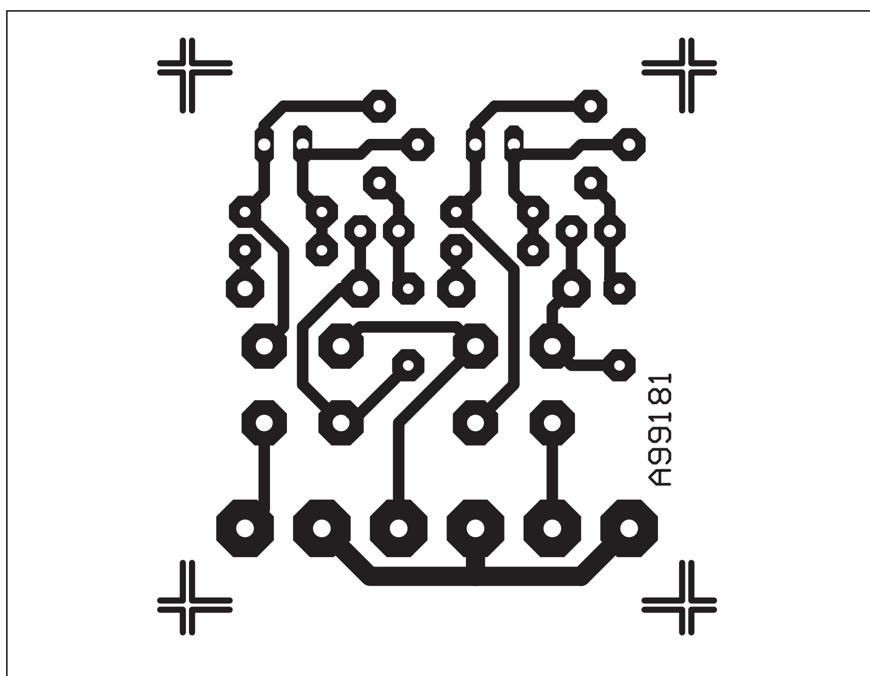
Seznam součástek

odpor 0204	
R2	820 Ω
odpor 5W	
R1	0,47 Ω
C1	2,2 mF/50 V
C2	100 nF
C3	100 nF
IC1	L200
K1	ARK2-INC
K2	ARK2-INC
K3	ARK2-INC
P1	10 kΩ-TP160A



Obr. 2. Rozložení součástek na desce s plošnými spoji

a odpory R1 a R2 (nebo stejnou cestou v obvodu druhého telefonu). Tím vznikne na odporu R2 (R5) úbytek napětí, dostačující k sepnutí tyristoru TH1 (nebo TH2). Sepnutí tyristoru je indikováno rozsvícením LED LD1 (LD2). Napětí na obvodu díky sepnutému tyristoru značně poklesne a tím se znemožní i při zvednutí sluchátka sepnutí druhého telefonu. Tak je omezena možnost odposlechu z druhého telefonu. Po ukončení hovoru a zavěšení sluchátka se přeruší proudová smyčka, telefon se uvede do stavu vysoké impedance a tyristor se rozepne. V klidovém stavu má obvod velmi nízkou spotřebu, která nijak nezatěžuje telefonní linku.



Obr. 3. Obrazec desky s plošnými spoji. Měřítko 2 : 1

Stavba

Telefonní přepínač je zhotoven na jednostranné desce s plošnými spoji o rozměrech 36 x 33 mm. Rozložení součástek na desce s plošnými spoji je na obr. 2, obrazec desky spojů na obr. 3. Stavba je velmi jednoduchá a zvládne ji i začátečník.

Poznámka k použitým součástkám.

Na místě TH1 a TH2 musíme použít doporučený typ tyristoru BRX46, který se vyznačuje velmi nízkými spínacími proudy. Některé pobočkové ústředny dávají nižší napětí, než je nutné k činnosti zařízení. V tom případě může docházet k poruchám v provozu.

Upozornění

K JTS (jednotné telekomunikační síti) smějí být připojována pouze zařízení, která jsou k tomu určena a mají příslušnou homologaci.

Literatura

ELECTRONIC ACTUEL Magazin 3/99, str. 32

Seznam součástek

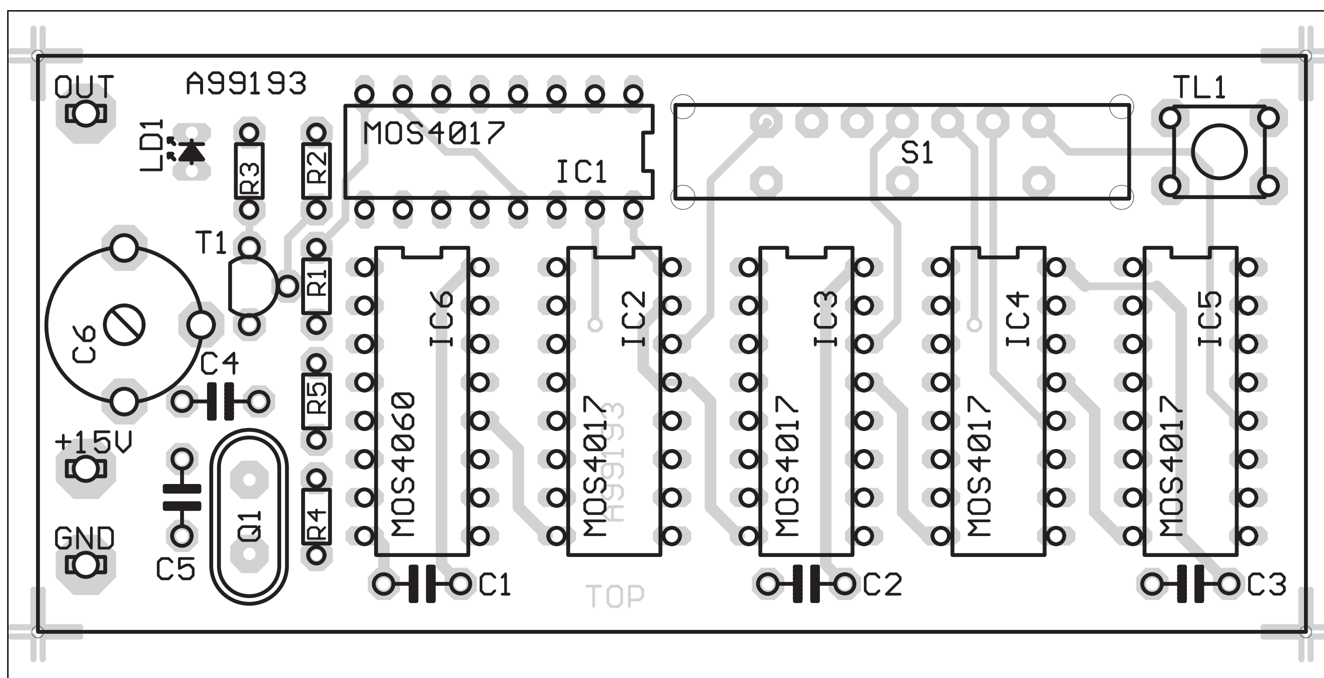
odpory 0204

R1	1,8 kΩ
R2	150 Ω
R3	27 kΩ
R4	1,8 kΩ
R5	150 Ω
R6	27 kΩ
C1	100 µF/25 V
C2	100 µF/25 V
D1	B40C800
D2	ZD-18 V
D3	B40C800
D4	ZD-18 V
LD1	LED 5 MM
LD2	LED 5 MM
TH1	BRX46
TH2	BRX46
K1 až K3	ARK2-INC

Jednoduchý generátor pulsů

A99193

Obr. 1. Schéma zapojení

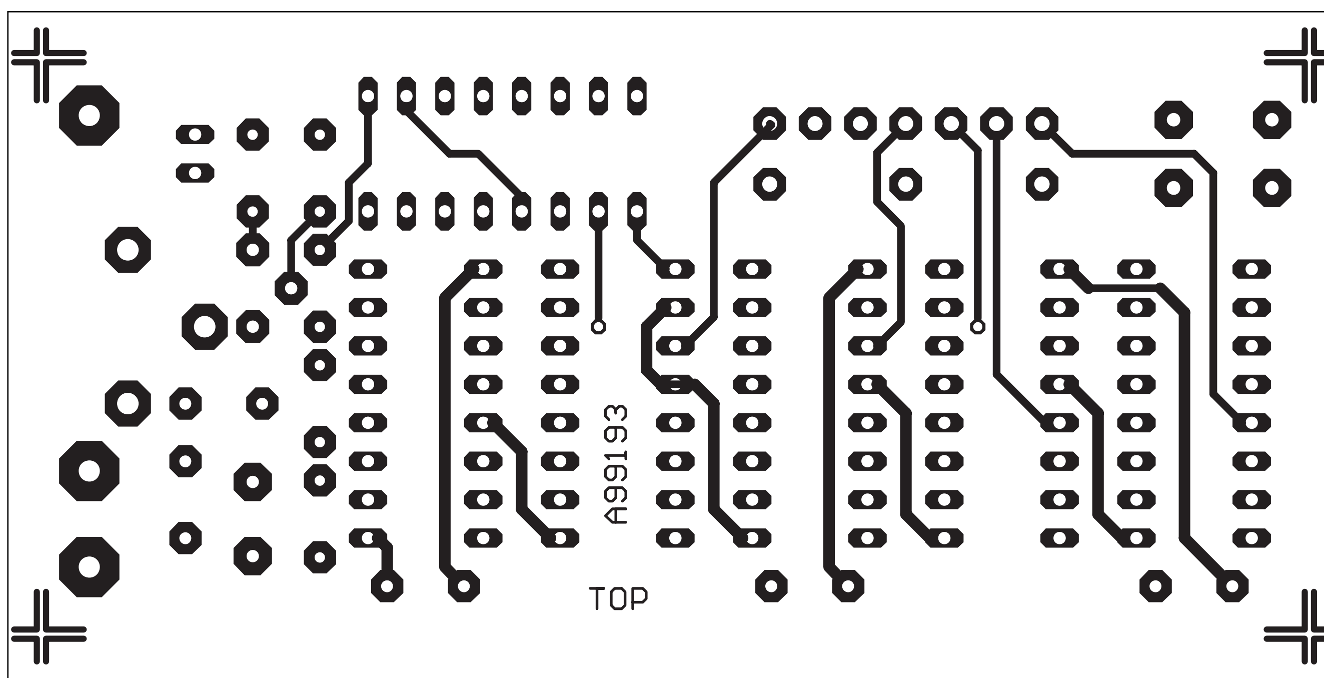


Obr. 2. Rozložení součástek

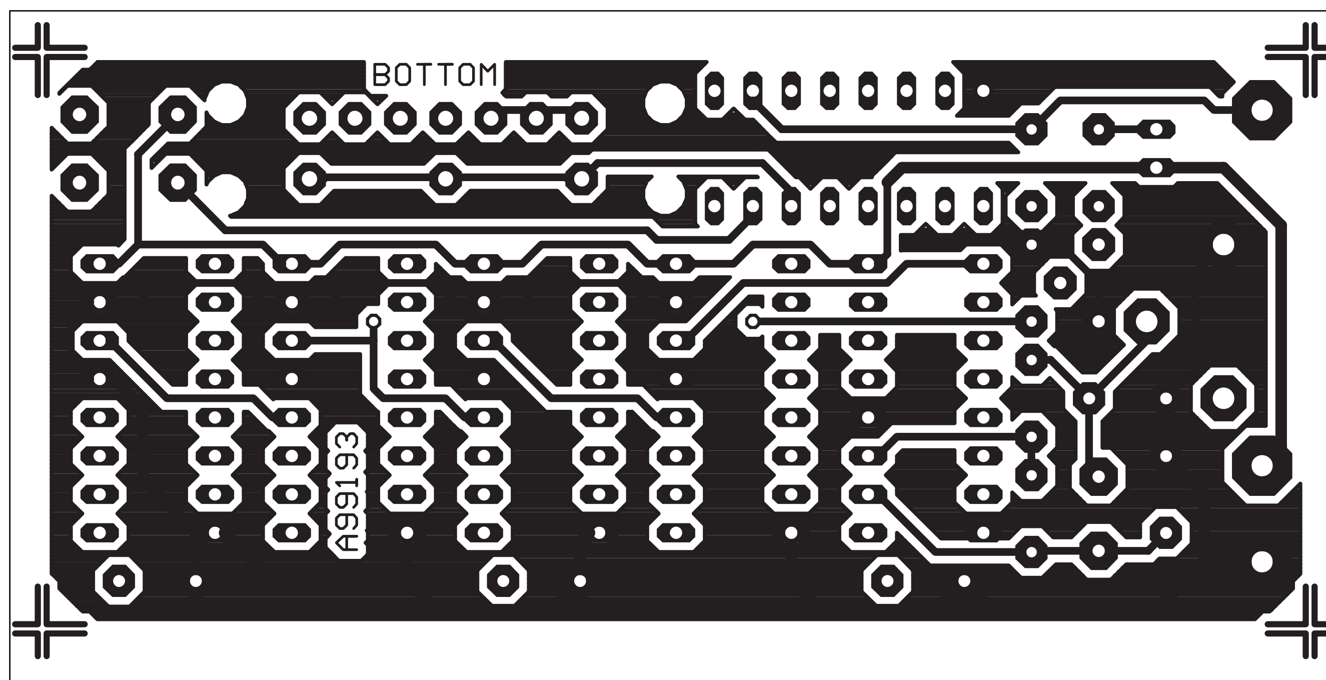
Při testování nejrůznějších zařízení se často vyskytne potřeba vygenerování pulsu s přesně definovanou délkou. Popsané zařízení slouží k tomu, aby po stisknutí tlačítka vytvořilo kladný puls o délce 1 ms, 10 ms, 100 ms 1 s a 10 s.

Popis zapojení

Schéma generátoru pulsů je na obr. 1. Základem je časová základna, tvořená 14stupňovou binární děličkou s obvodem oscilátoru typu MOS4060. Hodinový kmitočet je řízem krystalem 4,096 MHz. Po vydělení 2^{14} dostáváme na výstupu Q12 (vývod 1) kmitočet 1 kHz. Na výstup oscilátoru je připojena řada dekadických čítačů MOS4017, na jejichž výstupech dostáváme kmitočty 100 Hz, 10 Hz, 1 Hz a 0,1 Hz. Výstupy čítačů jsou přes přepínač S1 přivedeny na další obvod MOS4017. K nulovacímu vstupu tohoto obvodu je připojen tlačítkový spínač TL1. Při stisknutí tlačítka se obvod vynuluje. V okamžiku puštění tlačítka se uvolní vstup čítače. První náběžná hrana vstupního signálu přepne výstup čítače Q1 (vývod 2). Na výstupu se objeví kladná úroveň. Výstup Q3 je spojen s aktivačním vstupem obvodu (vývod 13). Tím se po vygenerování prvního pulsu čítač zablokuje až do opětovného stisknutí tlačítka. Tranzistor T1 je sepnut po dobu trvání kladného výstupního pulsu. LED v jeho kolektoru tedy indikuje činnost generátoru.



Obr. 3. Strana součástek (TOP)



Obr. 4. Strana spojů (BOTTOM). Měřítko 2 : 1

Stavba

Generátor pulsů je zhotoven na dvoustranné desce s plošnými spoji o rozměrech 84 x 38 mm. Všechny součástka včetně přepínače a tlačítka jsou umístěny na desce s plošnými spoji. Rozložení součástek na desce s plošnými spoji je na obr. 2. Obrazec strany spojů desky (TOP) je na obr. 3, obrazec strany spojů (BOTTOM) na obr. 4. Po osazení a zapájení součástek desku pečlivě prohlédneme. Připojíme napájecí napětí. Pokud máme možnost, kapacitním trimrem C6 nastavíme výstupní kmitočet oscilátoru na 1 kHz. Pokud nemáme vhodný čítač, nastavíme trimr C6 do střední polohy. Přepínačem S1 postupně volíme jednotlivé délky pulsů, tlačítkem TL1 generátor spustíme a rozsvícením LED LD1 kontrolujeme správnou funkci.

Zapojení je jednoduché a při pečlivé práci by mělo fungovat na první zapojení.

Závěr

Generátor pulsů je užitečná a levná pomůcka pro všechny, kteří pracují s číslicovými obvody a nevlastní profesionální pulsní generátor, kde bývá tato funkce již integrována.

Literatura

Elektor 7-8/99, str. 17

Seznam součástek

R1	3,9 kΩ
R2	470 kΩ
R3	1 kΩ
R4	2,2 kΩ
R5	2,2 kΩ
C1 až C3	100 nF
C4	39 pF
C5	56 pF
C6	trimr 50 pF
IC1 až IC5	MOS4017
IC6	MOS4060
LD1	LED
T1	BC547
Q1	4,096MHz-HC18
S1	SS17F01
TL1	TS-06

Universální napájecí zdroj

Dokončení ze strany 3

k výstupní svorce zdroje), výstup zkratujeme ampérmetrem (přepnutým na maximální rozsah) a nastavíme potenciometrem P3výstupní napětí asi na 3 V. Potenciometrem P4 zvětšujeme proud do zátěže. Maximální povolený proud pak nastavíme trimrem P1 při plném otočení potenciometru P4. Tím je nastavování zdroje hotovo.

Závěr

Popsaný zdroj není vybaven žádným větším komfortem (signalizací zkratu, teplotního přetížení, měřením výstupního napětí a proudu a dalšími vymoženostmi), na druhou stranu však umožňuje jednoduchými prostředky realizovat základní požadavky kladené na laboratorní napájecí zdroj, to je plynulé nastavení výstupního napětí a možnost plynulého nastavení proudové limitace. A to jsou u zdroje nejdůležitější věci.

Literatura

Elektor 4/99, str. 33

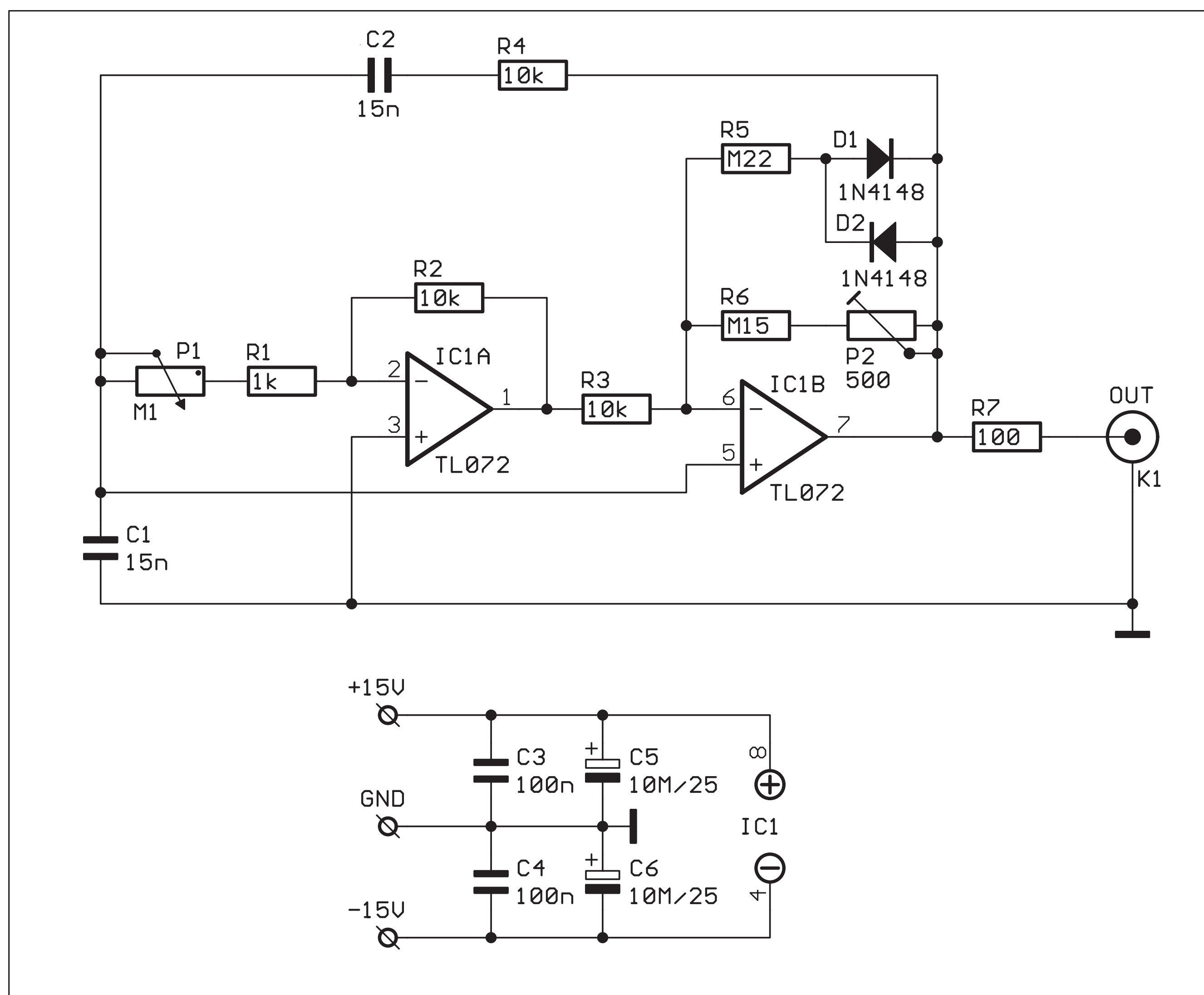
A99200

Jednoduchý přeladitelný oscilátor

Nejčastější sinusové oscilátory, samozřejmě s výjimkou speciálních obvodů, založených na tvarování obdélníkového signálu, jsou realizovány na principu Wienova můstku. I toto zapojení v prvním okamžiku připomíná výše zmíněný Wienův můstek. Při podrobnější prohlídce však zjistíte, že místo klasického tandemového potenciometru, s kterým bývají časté problémy vzhledem k horšímu souběhu, je uvedené zapojení osazeno pouze jednoduchým potenciometrem.

Popis zapojení

Schéma zapojení je na obr. 1. Základem je dvojice operačních zesilovačů IC1A a IC1B typu TL072. K nastavení frekvence slouží potenciometr P1. S uvedenými hodnotami součástek je možné nastavit kmitočet oscilátoru v rozmezí od asi 340 Hz do 3,4 kHz. Amplituda výstupního signálu je částečně stabilizována diodami D1 a D2. Obecně platí, že impedance sítě R5, R6, R7, P2, D1 a D2 by se měla rovnat odporu R3. Trimrem P2 nastavíme výstupní napětí tak, aby nedosahovalo maxima (daného napájecím napětím). Za těchto okolností můžeme dosáhnout zkreslení pod 0,1 %. Použití jednoduchého potenciometru místo klasického dvojitého však přináší jednu nectnost zapojení, a to závislost výstupního napětí na kmitočtu. Obvod může být napájen symetrickým napětím ±9 V až ±15 V. Testovaný vzorek pracoval již při napětí okolo 5 V.



Obr. 1. Schéma zapojení

Stavba

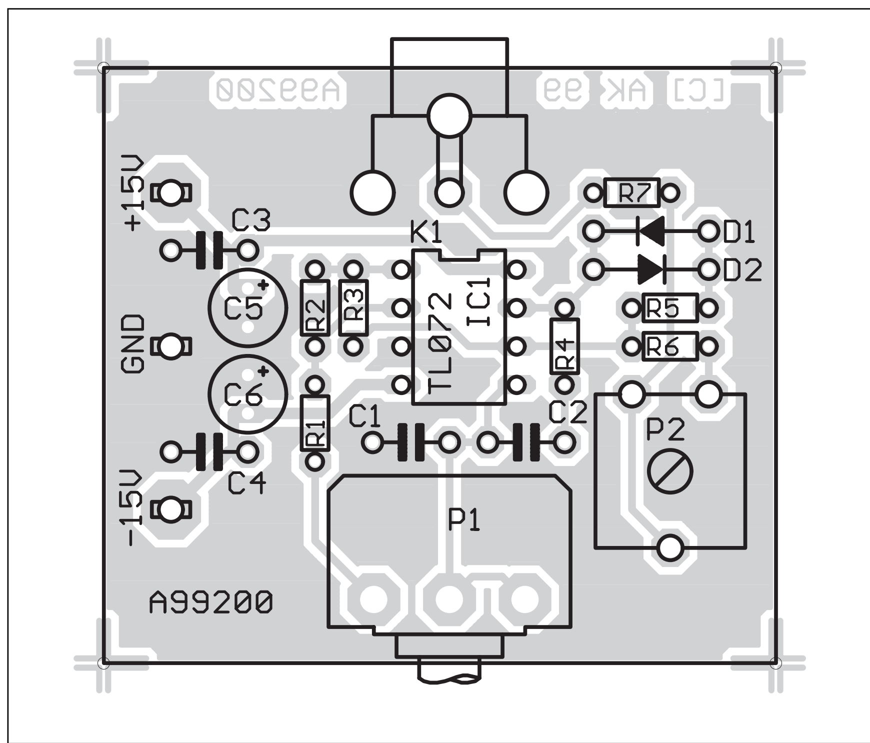
Oscilátor je zhotoven na jednostranné desce s plošnými spoji o rozměrech 39 x 45 mm. Rozložení součástek na desce s plošnými spoji je na obr. 2, obrazec desky spojů na obr. 3. Všechny součástky jsou umístěny na desce spojů. Po osazení a zapájení součástek desku pečlivě prohlédneme a odstraníme případné závady. Připojíme napájecí napětí. Pokud máme osciloskop, připojíme ho na výstup oscilátoru. Potenciometrem P1 přelaďujeme oscilátor a současně kontrolujeme výstupní napětí. Maximální velikost napětí případně upravíme trimrem P2. Pokud je vše v pořádku, je nastavování skončeno.

Závěr

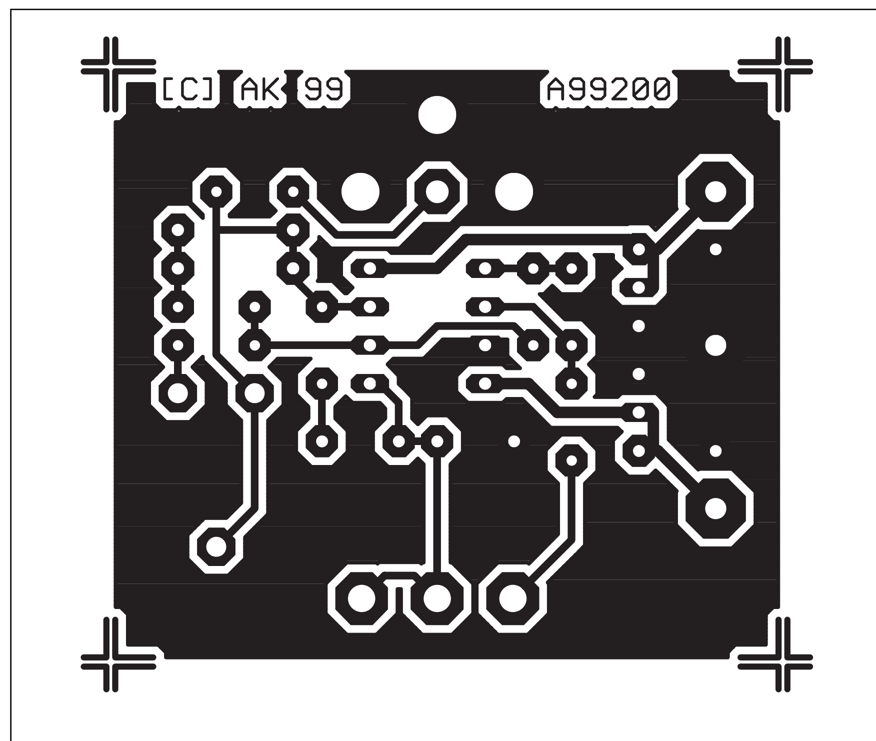
I když bylo uveřejněno již více návodů na stavbu oscilátoru, tento je zajímavý skutečně jednoduchostí, nízkými náklady, rozměry a přitom poměrně malým zkreslením. Tento typ oscilátoru si pochopitelně nezabudujeme do stolního měřícího přístroje. Jeho hlavní uplatnění vidím v použití u mobilních ozvučovacích zařízení jako zdroj testovacího signálu, kdy nám daný frekvenční rozsah bohatě vyhovuje a hlavní nectnost – závislost výstupního napětí na kmitočtu – v tomto případě není nijak na závadu.

Literatura

Elektor 7-8/99, str. 52



Obr. 2. Rozložení součástek na desce s plošnými spoji



Obr. 3. Obrazec desky s plošnými spoji. Měřítko 2 : 1

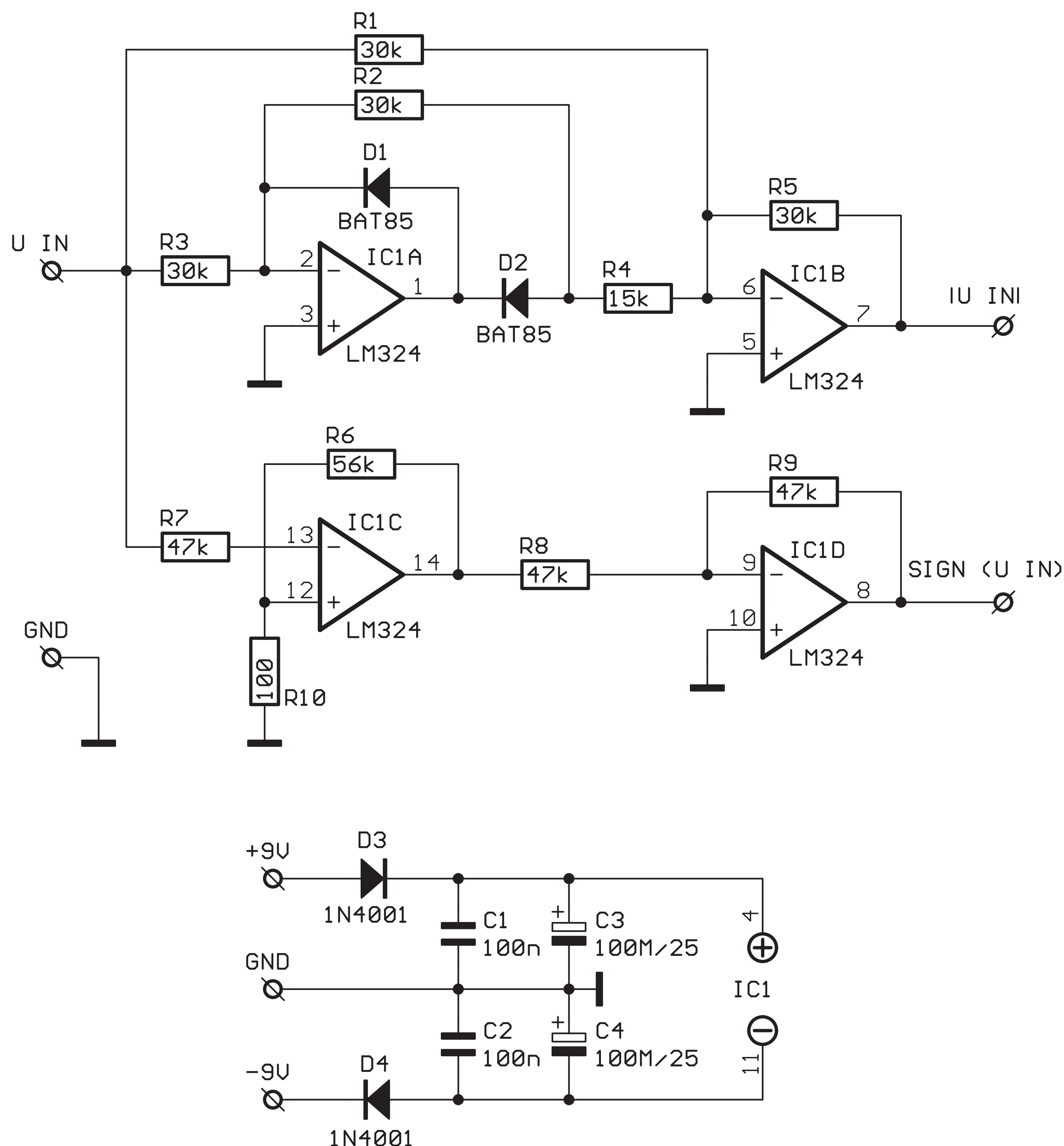
Seznam součástek

odpory 0204

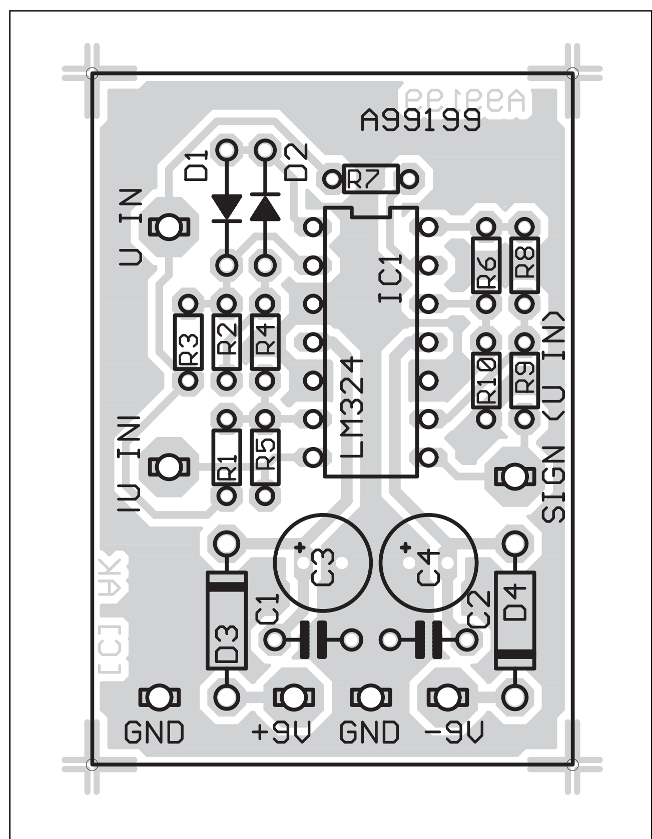
R1	1 kΩ
R2	10 kΩ
R3	10 kΩ
R4	10 kΩ
R5	220 kΩ
R6	150 kΩ
R7	100 Ω
C1	15 nF
C2	15 nF
C3	100 nF
C4	100 nF
C5	10 μF/25 V
C6	10 μF/25 V
D1	1N4148
D2	1N4148
IC1	TL072
K1	CP560
P1	100 kΩ-TP160A
P2	500 Ω-PT10L

A99199

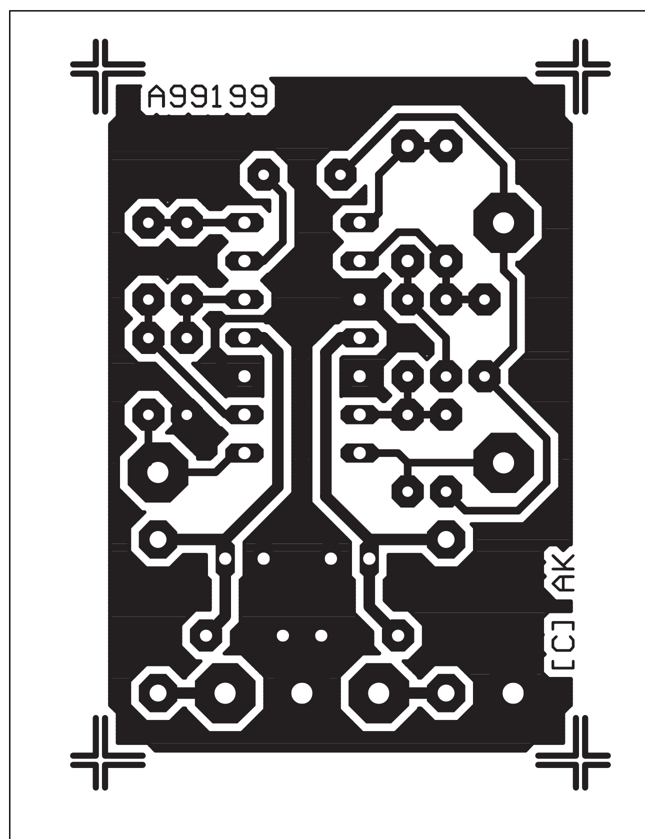
Převodník absolutní hodnoty s indikací polarity



Obr. 1. Schéma zapojení



Obr. 2. Rozložení součástek na desce spojů



Obr. 3. Obrazec desky spojů. Měřítko 2 : 1

Při zpracování analogového signálu se můžeme setkat s potřebou, získat absolutní hodnotu z daného signálu (což je v podstatě usměrnění), ale neztratit při tom informaci o původní polaritě (kladné/záporné). Obvod, který řeší tento problém, vám nyní předkládáme.

Popis zapojení

Schéma zapojení převodníku je na obr. 1. K realizaci byl použit čtyřnásobný operační zesilovač LM324. Převodník je rozdělen do dvou částí. První, tvořená obvody IC1A a IC1B je zapojena jako dvoucestný (celovlnný) usměrňovač. Vstupní signál je přiveden přes odpor R3 na vstup obvodu IC1A. Výstupní signál (vývod 7 IC1B) má stejnou velikost jako vstupní, je však vždy kladný. První operační zesilovač (IC1C) je zapojen jako komparátor s rozhodovací úrovní 0 V. Poslední zesilovač, IC1D, je zapojen jako invertor pro dosažení správné polarity výstupního napětí. Na výstupu SIGN (U IN) je tedy plné výstupní napětí takové polarity, jakou má právě přítomný vstupní signál. Převodník je napájen symetrickým napětím ±9 V.

Stavba

Převodník je zhotoven na jednostranné desce s plošnými spoji o rozměrech 45 x 32 mm. Rozložení součástek na desce s plošnými spoji je na obr. 2, obrazec desky spojů na obr. 3. Stavba převodníku je jednoduchá a zvládne ji i začátečník. Při pečlivé práci musí převodník fungovat na první zapojení.

Závěr

I když tento převodník jako celek není příliš častým obvodem, celovlnný usměrňovač, použitý pro vytvoření absolutní hodnoty, je obvod s širokým spektrem použití. Pro náročnější aplikace by bylo vhodné obvod LM324 nahradit kvalitnějším operačním zesilovačem.

Literatura

Elektor 7-8/99, str. 39

Seznam součástek

odpory 0204

R1	30 kΩ
R2	30 kΩ
R3	30 kΩ
R4	15 kΩ
R5	30 kΩ
R6	56 kΩ
R7	47 kΩ
R8	47 kΩ
R9	47 kΩ
R10	100 Ω
C1	100 nF
C2	100 nF
C3	100 μF/25 V
C4	100 μF/25 V
D1	BAT85
D2	BAT85
D3	1N4001
D4	1N4001
IC1	LM324

A99194

Tranzistorový invertor napětí

Popsané zapojení slouží k vytvoření záporného napětí z kladného. Na rozdíl od speciálních integrovaných obvodů se skládá pouze z pěti universálních NPN tranzistorů (z šuplíku nebo výprodejů po 1,- Kč/kus), šesti odporů a dvou elektrolytických kondenzátorů. K činnosti obvodu ale potřebujeme hodinový kmitočet s frekvencí asi 1 kHz. Při předpokládaném použití jako součást nějakého zařízení se takovýto kmitočet většinou najde.

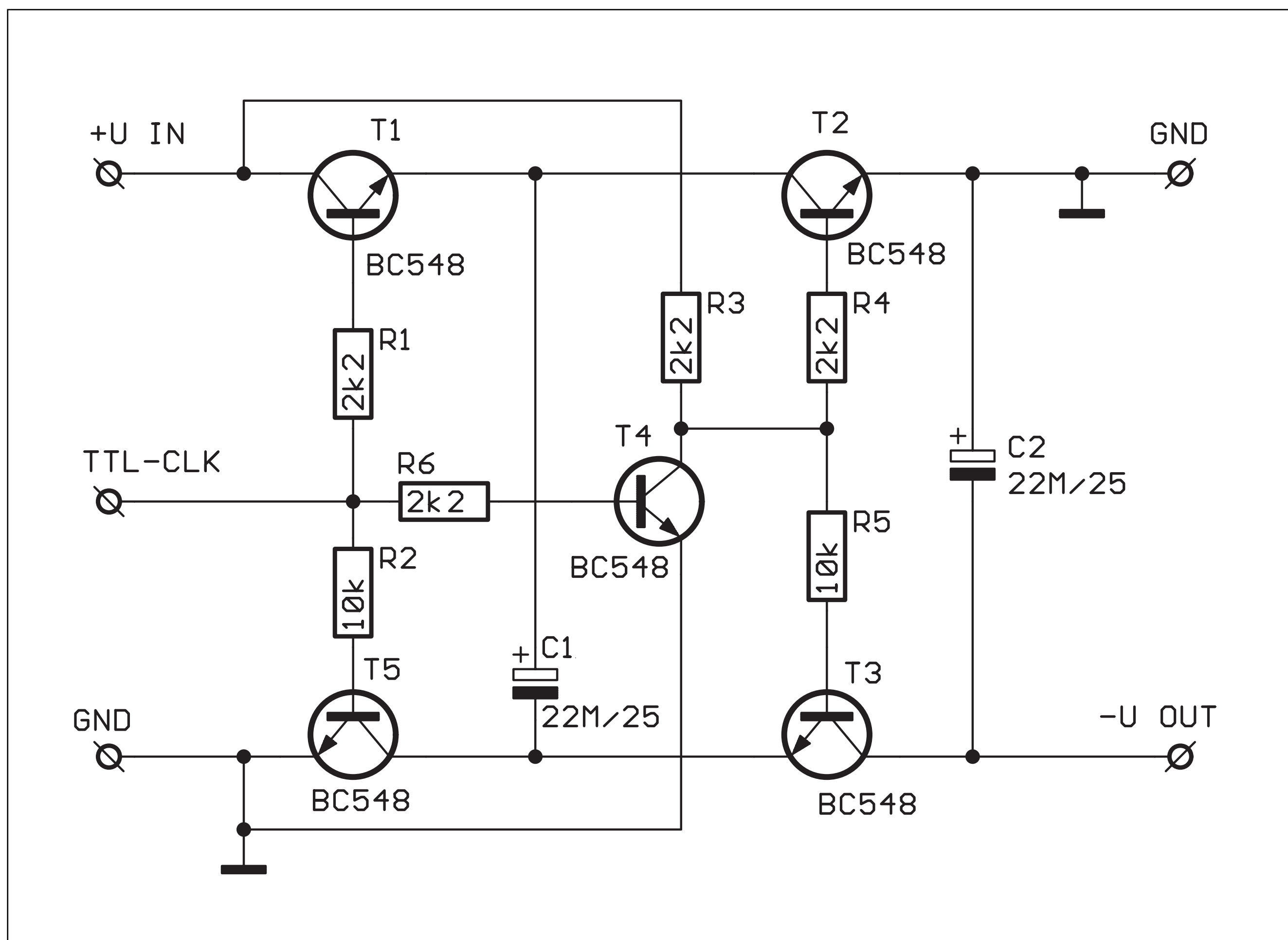
Popis zapojení

Schéma invertoru je na obr. 1. Na hodinový vstup TTL-CLK přivedeme signál obdélníkového průběhu. V kladné půlvlně jsou otevřeny tranzistory T1 a T5. Kondenzátor C1 se nabíjí na napětí blízké napájecímu (+U IN). Tranzistor T4 je také otevřen a tím blokuje tranzistory T2 a T3. V opačné periodě hodinového signálu se uzavřou tranzistory T1, T5 a také T4. Tranzistory T2 a T3 se otevřou přes odpor R3, připojený na kladné napájecí napětí. Náboj z kondenzátoru C1 nabíjí kondenzátor C2. Protože C2 je kladným pólem připojen na zem, dostáváme na jeho záporném pólu napětí záporné vůči zemi.

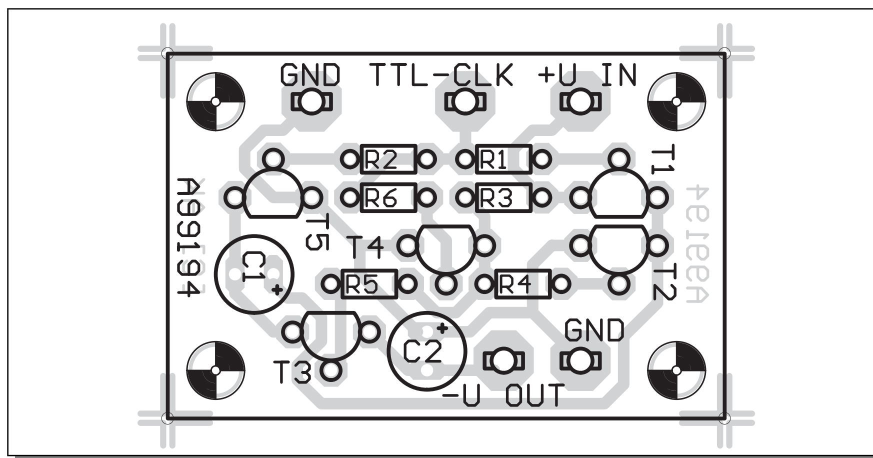
Podmínkou správné funkce zařízení je, aby kladná úroveň hodinového signálu byla srovnatelná s napájecím napětím, jinak by nedocházelo k sepnutí tranzistoru T1. Střída hodinového signálu by měla být nejlépe 1:1, její změnou můžeme částečně korigovat velikost výstupního napětí (vždy ale pouze dolů).

Stavba

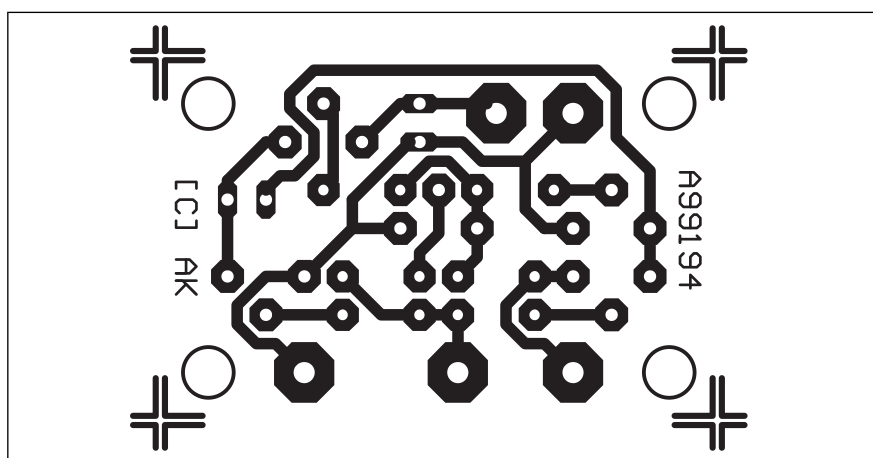
Invertor je zhotoven na jednostranné desce s plošnými spoji o rozměrech 37 x 24 mm. Rozložení součástek na desce s plošnými spoji je na obr. 2, obrazec desky spojů na obr. 3. Protože obvod obsahuje pouze několik součástek, musí zařízení při pečlivé práci fungovat na první zapojení.



Obr. 1. Schéma zapojení



Obr. 2. Rozložení součástek na desce s plošnými spoji



Obr. 3. Obrazec desky s plošnými spoji. Měřítko 2 : 1

Závěr

Popsaný invertor najde uplatnění především v zařízeních s bateriovým napájením, ve kterých potřebujeme získat pomocný zdroj záporného napětí s menšími požadavky na odběr.

Literatura

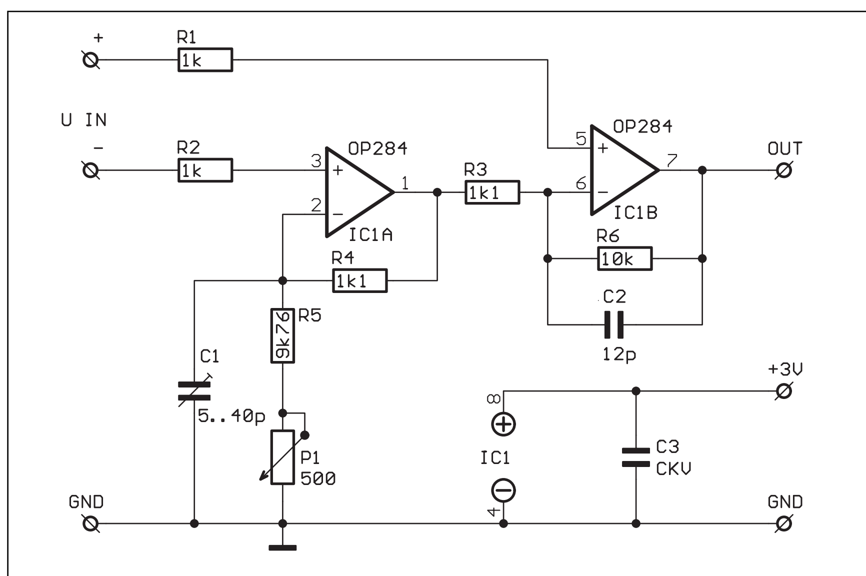
Elektor 7-8/99, str. 18

Seznam součástek

odpory 0204

R1	2,2 kΩ
R2	10 kΩ
R3	2,2 kΩ
R4	2,2 kΩ
R5	10 kΩ
R6	2,2 kΩ
C1	22 μF/25 V
C2	22 μF/25 V
T1	BC548
T2	BC548
T3	BC548
T4	BC548
T5	BC548

Přístrojový zesilovač s napájením 3 V



OP284 od Analog Devices je dvojitý opearační zesilovač s šířkou pásma 4 MHz a rozkmitem vstupního i výstupního napětí rovnému napájecímu napětí. Oprační zesilovač je podle výrobce schopen pracovat s napájením +3 V až +36 V. V praxi je ale obvod schopen pracovat již od nesymetrického napětí asi 1,5 V. To ho předurčuje pro použití v zařízeních s bateriovým napájením. V uvedeném zapojení pracuje obvod s napájením 3 V. Pro rozsah kmitočtů 20 Hz až 20 kHz je potlačení souhlasného vstupního signálu asi 80 dB.

Analog Devices

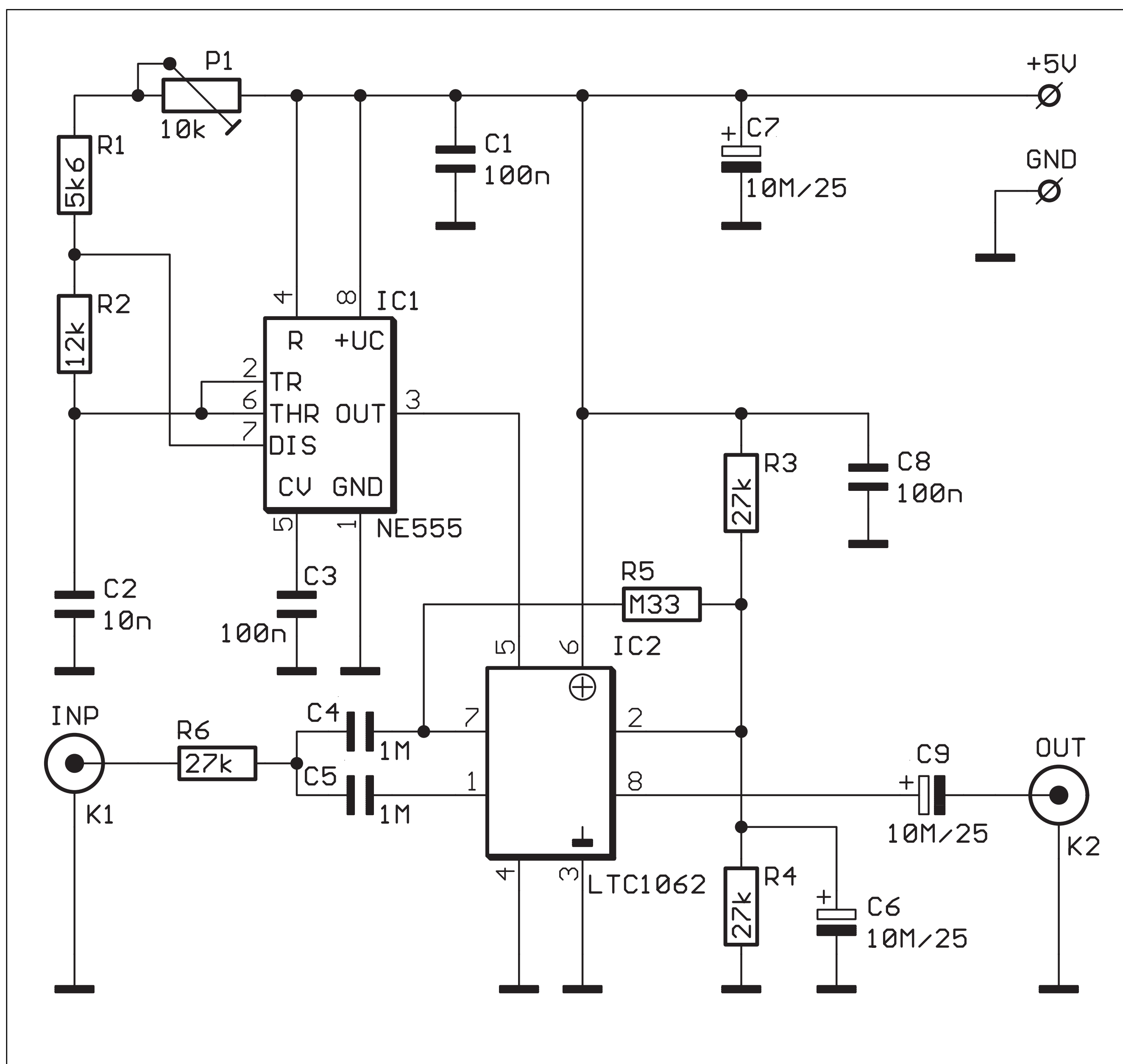
A9919

Horní propust pátého řádu

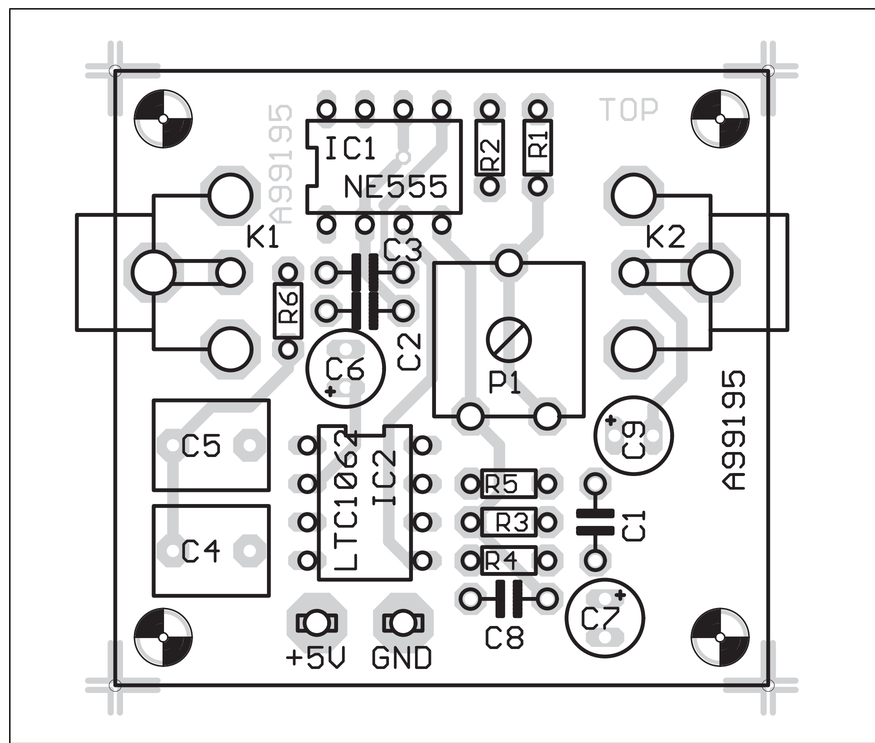
Při požadavku větší strmosti filtrů, používaných v nf technice, narážíme na problém s výpočtem a následnou realizací filtrů vyššího řádu. Zejména nároky na tolerance použitých součástek se prudce zvyšují. Proto se pro některé účely používají integrované filtry, jejichž dělící frekvenci je možno měnit změnou taktovacího kmitočtu. Příkladem takto řešeného filtru pátého řádu je obvod LTC1062. Je navržen s ohledem na co nejvyšší linearitu přenášeného pásma a maximální oddělení taktovacího kmitočtu od signálu.

Popis zapojení

Schéma zapojení je na obr. 1. Vstupní signál je do filtru přiveden konektorem K1. Za ním je odpor R6. Ten je důležitý, protože spolu s kondenzátorem C5 přizpůsobuje vstupní signál kaskádě filtrů v obvodu. Taktovací oscilátor je tvořen klasickým časovačem NE555, zapojeným jako astabilní multivibrátor. Kmitočet oscilátoru můžeme v určitém rozsahu měnit trimrem P1. Dělicí frekvence je u obvodu LTC1062 rovna 1/100 hodinového kmitočtu. Mimo to je možné na vstup hodin připojit interní



Obr. 1. Schéma zapojení



Obr. 2. Rozložení součástek na desce s plošnými spoji

děličku 1:2 a 1:4. V našem případě je zapojena dělička 1:4. Při kmitočtu oscilátoru 4 kHz vychází tedy dělicí kmitočet 10 Hz (4 x 100).

Stavba

Filtr je zhotoven na dvoustranné desce s plošnými spoji o rozměrech 40 x 44 mm. Rozložení součástek na desce s plošnými spoji je na obr. 2. Obrazec strany spojů desky (TOP) je na obr. 3, obrazec strany spojů (BOTTOM) na obr. 4. Po osazení a zapájení desku pečlivě prohlédneme a odstraníme případné závady. Připojíme napájecí napětí a signální generátor. Trimrem P1 nastavíme kmitočet oscilátoru na 4 kHz. Přeladěním signálního generátoru zkontrolujeme dělicí frekvenci. Tím je nastavení filtru ukončeno.

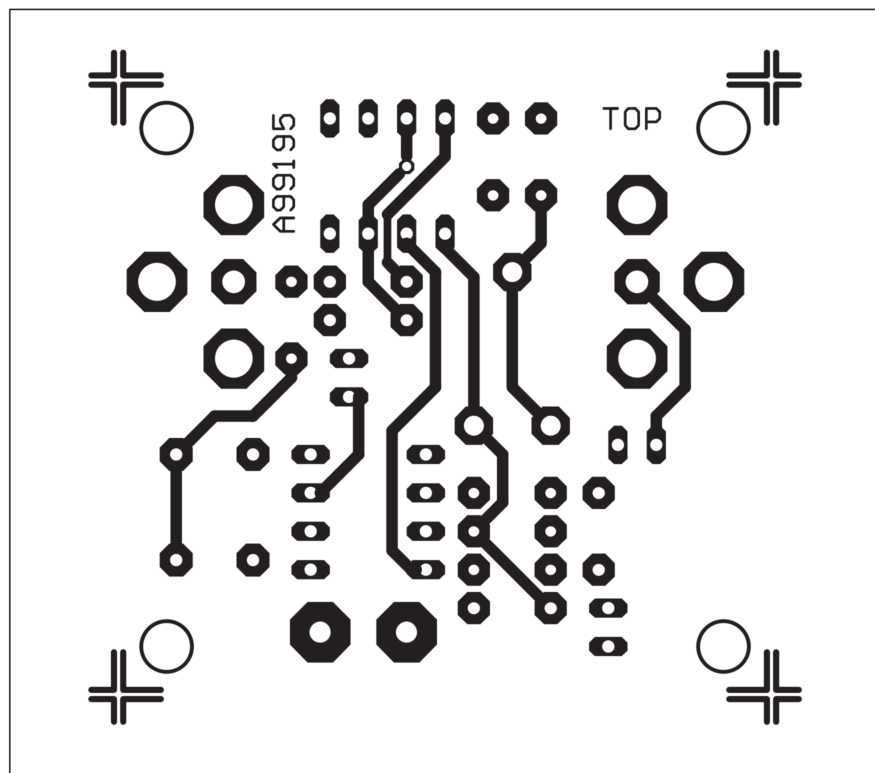
Závěr

Použitím filtrů pracujících na principu přepínání kapacit lze elegantně zkonstruovat propusti vyšších řádů (běžně pátého až osmého řádu) s možností přelaďování, které by se z diskrétních součástek realizovaly velmi obtížně. Uvedené zapojení slouží pro inspiraci a jako základ k dalším experimentům v této oblasti.

Literatura

Elektor 7-8/99, str. 22

Dokončení na str. 28



Obr. 3. Obrazec strany spojů (BOTTOM). Měřítko 2 : 1

Seznam součástek

odpory 0204

R1	5,6 kΩ
R2	12 kΩ
R3	27 kΩ
R4	27 kΩ
R5	330 kΩ
R6	27 kΩ
C1	100 nF
C2	10 nF
C3	100 nF
C4	1 μF
C5	1 μF
C6	10 μF/25 V
C7	10 μF/25 V
C8	100 nF
C9	10 μF/25 V
IC1	NE555
IC2	LTC1062
K1	CP560
K2	CP560
P1	10 kΩ-PT10L

A99201

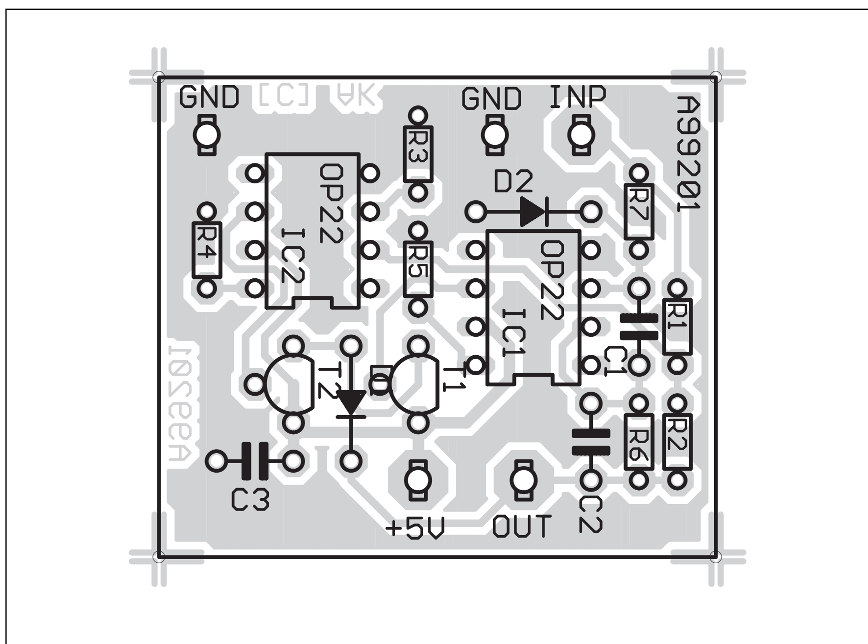
Precisní usměrňovač

Další zajímavé zapojení precisního celovlnného usměrňovače, vhodného díky nízké spotřebě zejména pro přístroje s bateriovým napájením, pochází z katalogu firmy Analog Devices. Tento typ usměrňovače je použitelný pro vstupní napětí ±3 V při jednoduchém napájecím napětí +5 V pro kmitočty od stejnosměrného napětí do asi 2 kHz. Klidový odběr je pouhých 320 μA. Zesílení obvodu je 1 a přesnost usměrňovače je dána pouze shodou obou vstupních odporů R6 a R7.

Schéma zapojení je na obr. 1. Rozložení součástek na desce s plošnými spoji je na obr. 2, obrazec desky spojů na obr. 3.

Literatura

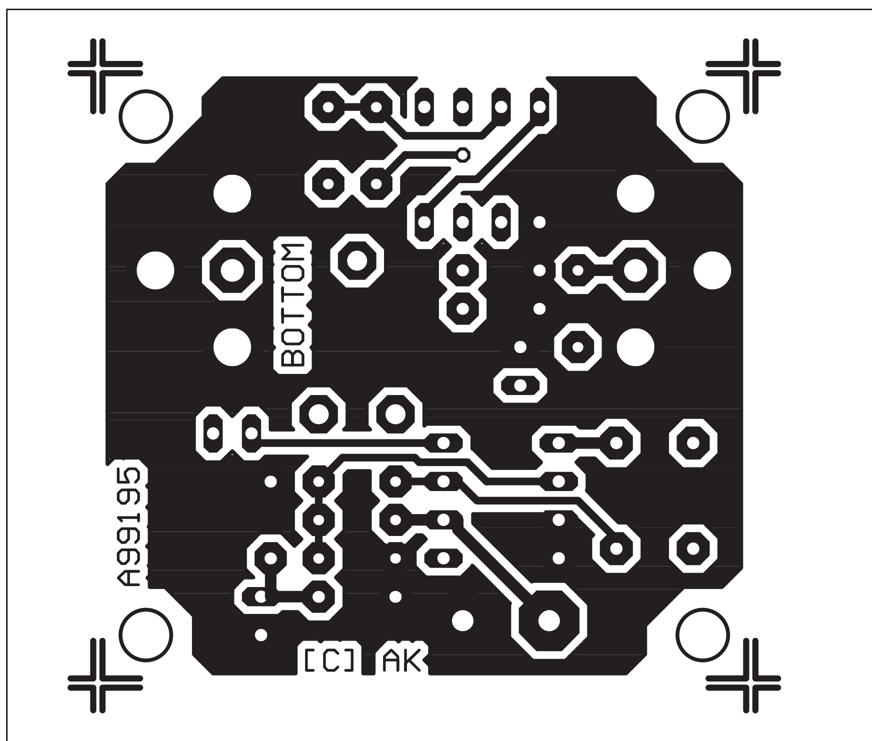
Aplikační listy Analog Devices
Elektor 7-8/99, str. 54



Obr. 2. Rozložení součástek na desce s plošnými spoji

Horní propust pátého řádu

dokončení ze strany 27



Obr. 4. Obrazec strany spojů (BOTTOM). Měřítko 2 : 1

Plošné spoje na Internetu

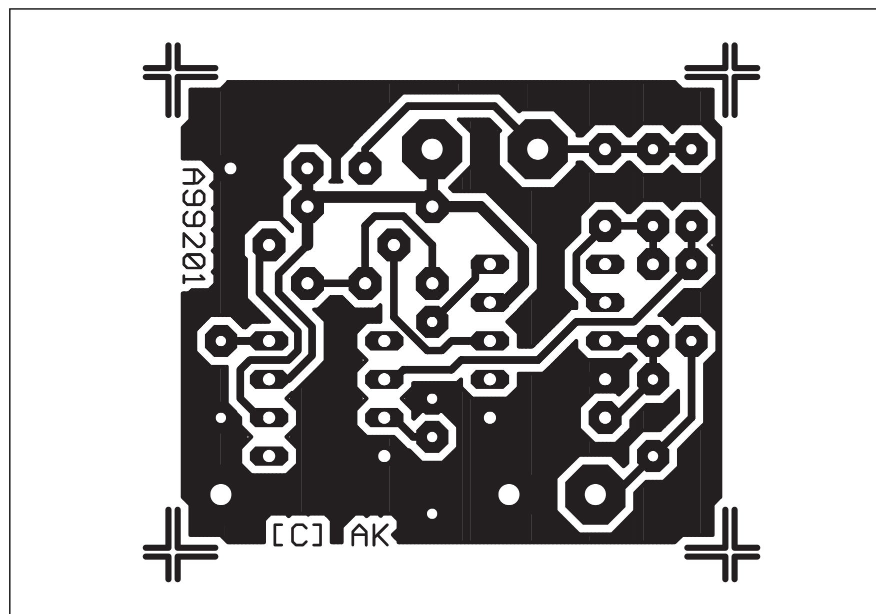
Jak jsme již několikrát připomínali, všechny zde otištěné předlohy plošných spojů si můžete stáhnout v PDF formátu z naší internetovské adresy *www.jmtronic.cz.*

Soubory jsou do PDF formátu převáděny přímo z výstupu CAD programu EAGLE, ve kterém naše redakce zpracovává schémata a návrh desek plošných spojů.

Předlohy v PDF formátu si můžete vytisknout pomocí laserové tiskárny například na speciální nažehlovací fólie, které dodává firma CADware s.r.o. z Liberce. Takto vytištěnou předlohu přenesete za tepla (například žehličkou) na desku spojů. K odleptání můžete použít většinu běžně dostupných prostředků. Tato cesta je jednou z nejrychlejších metod, jak vyrobit v amatérských podmínkách relativně kvalitní desky s plošnými spoji.

Obr. 1. Schéma zapojení

Obr. 3. Plošný spoj. Měřítko 2 : 1



Seznam součástek

odpory 0204

R1	200 kΩ
R2	200 kΩ
R3	100 kΩ
R4	200 kΩ
R5	390 kΩ
R6	100 kΩ
R7	100 kΩ
C1	[*]
C2	[*]
C3	100 nF
D1, D2	1N4148
IC1	OP22
IC2	OP22
T1	2N2222
T2	2N2222